



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Erik August Abras

**PUU- JA PÕLEVKIVITUHA MÕJU PUUDE
KASVULE PUHATU AMMENDATUD
FREESTURBAVÄLJAL**

**THE EFFECT OF WOOD ASH AND OIL SHALE FLY ASH ON
THE GROWTH OF TREES ON THE PUHATU CUTAWAY
PEATLAND**

Bakalaureusetöö
Loodusvarade kasutamise ja kaitse õppekava

Juhendajad: vanemteadur Katri Ots, *PhD*
Mari Tilk, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Erik August Abras		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Puu- ja põlevkivituha mõju puude kasvule Puhatu ammendatud freesturbaväljal			
Lehekülgi:	Jooniseid: 19	Tabeleid: 31	Lisasid: 24
Õppetool: Metsakasvatuse ja metsaökoloogia õppetool Uurimisvaldkond: 4. BIOMEDITSIIN B430 Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia Juhendaja(d): Katri Ots, Mari Tilk Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu 2019			
<p>Mahajäetud turbatootmisalad, mida meil on ligi 10 000 ha, on Eestis väga oluliseks keskkonnaprobleemiks, sest need on väga tuleohtlikud, reostavad vett, saastavad ümbruskonda turbatolmuga, vähendavad looduse elurikkust ja maastike mitmekesisust ning on suureks CO₂ allikaks. Nende keskkonnamõjude leevendamiseks on vaja need korrastada ning üheks võimaluseks seda teha on nende alade metsastamine. Töö eesmärgiks oli puu- ja põlevkivituha mõju uurimine arukase (<i>Betula pendula</i> Roth.), hariliku männi (<i>Pinus sylvestris</i> L.) ja hariliku kuuse (<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.) kasvule Puhatu ammendatud freesturbavälja metsastamisel. Ühelt katsealalt on analüüsitud puude kõrguse ja diameetri andmeid 2011.-2017. aastast ning teiselt katsealalt 2013.-2016. aastast. Tuhkadega väetamise positiivne mõju tuli välja kõigi väetuskatsevariantide puhul. Kaskedele ja mändidele ei tekitanud põlevkivituha segamine puutuha hulka olulist mõju. Küll aga oli mõju märgatav kuuskede puhul. Teisel katsealal andis 10 t/ha põlevkivituhaga väetatud katseala keskmise juurekaela diameetri puhul samaväärse tulemuse kaks või enam korda suuremate puu- ja segutuhkadega võrreldes. Seetõttu annab see töö edaspidist põjust pigem kuusele põlevkivituhaga väetamise uurimisele. Maksimaalsed saavutatavad keskmised kõrgused esimesel katsealal olid kaskedel seitse aastat pärast katseala rajamist 415 cm, mändidel 249 cm ja kuuskedel 188 cm. Teisel katsealal olid nendeks neli aastat pärast katseala rajamist kaskedel 288 cm, mändidel 106 cm ja kuuskedel 95 cm. Töö tulemused kinnitavad, et ammendatud freesturbaväljade metsastamisel on tuhka abil puude kasvukiiruse stimuleerimine perspektiivikas ning seda tehes oleks mõistlik kaasa aidata puutuha prügilatesse ja põlevkivituha tuhaväljadele ladestamise vähendamisele.</p>			
Märksõnad: väetamine, jääksoo, kõrgus, diameeter			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Erik August Abras		Specialty: natural resources management	
Title: The effect of wood ash and oil shale fly ash on the growth of trees on the Puhatu cutaway peatland			
Pages:	Figures: 19	Tables: 31	Appendixes: 24
Chair: chair of silviculture and forest ecology Field of research: 4. BIOMEDICAL SCIENCES B430 Silviculture, forestry, forestry technology Supervisors: Katri Ots, Mari Tilk Place and date: Tartu 2019			
<p>Abandoned peatproduction areas, which we have about 10 000 hectares here, are a very serious environmental isuse in Estonia because they have a high wildfire risk, they pillute water and the surroundings with peat dust, they reduce the biodiversity of the surroundings and landscapes and are an important source of CO₂ emissions. To reduce the severity of these environmental isuses there is a need to restore these areas and one option to do it is afforestation. The aim of the thesis was to study the influence of fertilization with wood and oil shale ash to afforestation Puhatu cutaway peatland with silver birch (<i>Betula pendula</i> Roth.), Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) and Norway spruce (<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.). On one test site the tree heigth and diameter data was analysed for years 2011-2017 and for year 2013-2016 on the other one. The positiive effect of wood ash fertilization appeared on every fertilization plot. Mixing oil shale ash with wood ash didn't have any clear effect on birches and pines. However, the effect was noticable in case of spruces. In the second test site, fertilizing with oil shale ash 10 tons per hectar gave equal result on the basal tree diameter compared to the plots fertilized with twice or more larger ash doses. Thus gives this thesis a reason to keep studying the oil shale fertilization influence on spruces in the futuure. The maxximum reached average heigths arter seven years on the first test site were 415 cm for the birches, 249 cm for the pines and 188 cm for the spruces. On the oher test site they were after four years for the birches 288 cm, for the pines 106 cm and for the spruces 95 cm. The results of the thesis assure that afforestation of the cutaway peatlands using ashes to improve the growth of trees is perspectful and doping this would be reasonable way to prevent accumulating the wood ash to landfills and the oil shale ash to ash deposition sites.</p>			
Keywords: fertilization, height, diameter			

SISUKORD

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	11
1.1. Jääksood Skandinaavias ja Eestis	11
1.2. Eestis ja Skandinaavias tekkiva puutuha kogused.....	12
1.3. Puutuha keemiline koostis	12
1.4. Puutuha kasutamise positiivsed ja negatiivsed küljed	15
1.5. Puutuha kasutamise võimalused	17
1.5.1. Puutuha kasutamine metsanduses.....	17
1.5.2. Puutuha kasutamine teistes valdkondades	18
1.6. Põlevkivituhk.....	19
1.7. Ammendatud freesturbaväljade korrastamise võimalused	23
1.7.1. Metsandus.....	23
1.7.2. Tingimuste loomine taassoostumiseks	26
1.7.3. Marjakasvatuse rajamine	26
1.7.4. Veekogu loomine.....	28
1.7.5. Energianiidu rajamine.....	29
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	31
2.1. Katsealade asukoht ja kirjeldus	31
2.2. Katsealade rajamise metoodika ja morfoloogilised analüüsid	34
2.3. Andmete statistiline analüüs.....	37
3. TULEMUSED JA NENDE ANALÜÜS	39
3.1. Puude kõrgus ja diameeter ning nende aastased juurdekasvud	39
3.1.1. Arukask.....	39
3.1.2. Harilik mänd	52
3.1.3. Harilik kuusk	64

4. ARUTELU	78
KOKKUVÕTE	82
LISAD	99
Lisa 1. Esimese katseala kaskede kõrguste statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel	100
Lisa 2. Esimese katseala kaskede kõrguse juurdekasvude statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel.....	101
Lisa 3. Esimese katseala kaskede diameetrite statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel	102
Lisa 4. Esimese katseala kaskede diameetri juurdekasvude statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel.....	103
Lisa 5. Teise katseala kaskede kõrguse statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel	104
Lisa 6. Teise katseala kaskede kõrguse juurdekasvude statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel.....	105
Lisa 7. Teise katseala kaskede diameetrite statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel	106
Lisa 8. Teise katseala kaskede diameetri juurdekasvude statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel.....	107
Lisa 9. Esimese katseala mändide kõrguste statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel	108
Lisa 10. Esimese katseala mändide kõrguse juurdekasvude statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel.....	109
Lisa 11. Esimese katseala mändide diameetrite statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel	110
Lisa 12. Esimese katseala mändide diameetri juurdekasvude statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel	111
Lisa 13. Teise katseala mändide kõrguste statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel	112
Lisa 14. Teise katseala mändide kõrguse juurdekasvude statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel.....	113

Lisa 15. Teise katseala mändide diameetrite statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel	114
Lisa 16. Teise katseala mändide diameetri juurdekasvude statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel.....	115
Lisa 17. Esimese katseala kuuskede kõrguste statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel	116
Lisa 18. Esimese katseala kuuskede kõrguse juurdekasvude statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel	117
Lisa 19. Esimese katseala kuuskede diameetrite statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel	118
Lisa 20. Esimese katseala kuuskede diameetri juurdekasvude statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel	119
Lisa 21. Teise katseala kuuskede kõrguste statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel	120
Lisa 22. Teise katseala kuuskede kõrguse juurdekasvude statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel.....	121
Lisa 23. Teise katseala kuuskede diameetrite statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel	122
Lisa 24. Teise katseala kuuskede diameetrite juurdekasvude statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel	123
Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	124
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	124
Mina, Erik August Abras,.....	124
(sünnipäev 13/08/95 39508132772)	124

SISSEJUHATUS

Mahajäetud turbatootmisalad on Eestis väga oluliseks keskkonnaprobleemiks, sest need on väga tuleohtlikud, reostavad vett, saastavad ümbruskonda turbatolmuga (Lüüs 2005), vähendavad looduse elurikkust ja maastike mitmekesisust (Paal *et al.* 2011: 48). Samuti on need väga suureks CO₂ allikaks, sarnanedes emissioonide intensiivsuse osas aktiivsete kaevandusaladega (Salm *et al.* 2012: 53) ja eraldades turba lagunemisel seda hinnanguliselt umbes 400 000 tonni aastas (Ilomets 2001). Turba kaevandamisega rikutud ja korrastamata jäetud turbaväljad kui mineraliseerudes kaotsi mineva turbaga kasutamatusena seisvad alad on loodusvara säästliku kasutamise vastandnähtuseks.

Peale turba kaevandamist järele jäänud jääkväljakud on oma füüsikaliste, hüdroloogiliste, hüdrokeemiliste ja botaaniliste omaduste poolest looduslikest soodest täielikult erinevad. Harilikult on ammendatud freesturbaväljad tasase mikroreljeefiga ning nende põhja- ja pinnasevee tase on kunstlikult alandatud. Aastaid kestnud kuivendamine võib olla muutnud ala põhjavee dünaamikat. Tavaliselt on turba jääklasund ebasoodne soodele omase taimestiku taastumiseks, sellel on suurem tihedus ja madalam poorsus ning filtratsioonivõime. (Lode 1998: 14)

Eesti jääksoode pindala on ligi 10000 ha (Ramst, Orru 2009: 6) ja turvast kaevandatakse ligi 20000 hektarilt (Saarmets 2007: 25). T. Saarmetsa (*Ibid.*) hinnangul langeb igal aastal tootmisest välja 300-500 ha korrastamist vajavaid turbatootmisväljakuid.

Kaevandamisjärgsete pikaajaliste looduslike protsesside tulemusena, mis võivad kesta 20-30 aastat, on võimalik, et jääksoole tekib vähetootlik hõre sookase (*Betula pubescens* Ehrh.) puistu (Pikk 2011: 74, 78). Põjusel, et looduslikud protsessid üldiselt ei vii toimiva sookoosluse ega tootliku metsa kujunemiseni, on enamikel juhtudel vaja läbi viia jääksoode korrastustööd (Ramst *et al.* 2005: 94).

Eestis metsastati käsu korras 1970. aastatel sadu hektareid jääksoid, tuginedes teiste maade kogemustele ja lühiaegsetes katsetustest ning vaatlustest tulenenud soovitudele, kuid see osutus loodetust kulukamaks ja nende väetamise tulemused osutusid ettearvamatuks (Pikk 2010: 398). Puude kasv on jääksoodes suuresti tingitud turba jääklasundi viljakusest ehk seal peab olema piisavalt põhilisi toiteelemente, need peavad olema puudele kättesaadavad ja need peavad olema omavahel sobivas vahekorras (Pikk 2011: 76).

Riigimaadel paiknevate jääksoode korrastamise vajadust toonitas Riigikontroll 2005. aastal (Lüüs 2005), kuid alles 2016. aastal allkirjastas keskkonnaminister käskkirja esimesteks suuremateks taastamistöodeks (2000 ha) Euroopa Liidu kaasabil (Riik korrastab... 2016). Praegusel ajal kohustab Maapõuaseadus kaevandatud maa korrastama „metsamaaks, veekoguks, muuks tarbimisväärseks maaks või tunnustatud väärtusega maastikuks“ (Maapõuaseadus 2019, § 80 lg 4). Maapõuaseaduse sätestusest väljas olevate korrastamata turbaalade korrastamist toetatakse projektipõhiselt läbi keskkonnaprogrammi ringmajanduse valdkonna programmi (Keskkonnakaitse valdkonna projekti... 2019, § 7¹ lg 13).

Looduskaitse arengukavas aastani 2020 on maavarade kaevandamisega kaasnevate elurikkust vähendavate mõjude leevendamise alalise meetmena välja toodud rikutud turbaalade korrastamine ning selle saavutamiseks nimetatakse seal peamiste tegevustena korrastatavate alade eelisjärjestamist, jääksoode korrastamise projektide koostamist ja rakendamist ning taastamismetoodika täiendamist (Looduskaitse arengukava... 2012: 36). Arengukava kolmanda põhieesmärgi „Loodusvarade pikaajaline püsimine ja selleks vajalikud tingimused on tagatud ning nende kasutamisel arvestatakse ökosüsteemse lähenemise põhimõtteid“ all seati eesmärgiks 1000 ha ENSV-aegsete jääksoode korrastamist (*Ibid.*: 34). Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030 näeb ette, et „tootmisega ja kasutamisega rikutud maastikud korrastatakse ning neile antakse mitmekesised (sh elurikkuse ja esteetilisuse) funktsioonid“ (Eesti Keskkonnastrateegia... 2007: 33). Dokumendis tõstetakse veel esile, et lisaks paljudele liikidele elupaiga pakkumisele, peavad taastatud maastikud andma ka majanduslikku ja sotsiaal-kultuurilist kasu (*Ibid.*).

Jääksoo jaoks sobiva korrastamisviisi valiku aluseks on seis, millesse jääkväljakud on peale kaevandamist jäetud. Selle looduslikuks taimestumiseks võib kuluda aastakümneid, kuid näiteks selle ajaga saavutaks sinna rajatud mets suurima produktsoonifaasi (Pikk 2010: 397). Jääksoode edukas metsastamine aitaks kaasa eelnevalt viidatud strateegilistes dokumentides seatud eesmärkide täitmisele.

Iga-aastaselt koostootmisjaamades ja katlamajades tekkinud puutuhka ning soojuselektrijaamades tekkinud põlevkivituhka on seni väga vähe ressursina kasutusele võetud (KK6115: Ohtlike jäätmete... 2017). Kuna suurem osa Eesti jäätmetest on pärit põlevkivisektorist ning neist omakorda suur osa liigitub ohtlikeks jäätmeteks, rõhutab Riigi jäätmekava 2014-2020 lisa 3 Jäätmetekke vältimise programm, et just selle sektori

jäätmete taaskasutamisele on oluline tähelepanu osutada (Jäätmetekke vältimise... 2014: 7). Konkurentsivõimekava „Eesti 2020“ märgib samuti vajadust põlevkivituhale leida erinevaid taaskasutusviise ja suurendada selle taaskasutamist (Konkurentsivõime kava... 2017: 30). Jäätmete taaskasutamist on ka Eesti Keskkonnastrateegias aastani 2030 nimetatud olulise meetmena jäätmete ladestamise vähendamiseks (Eesti Keskkonnastrateegia... 2007: 27). Nende eesmärkide täitmisele kaasa aitamiseks oleks perspektiivne võimalus tuhkasid jääksoode metsastamisel väetamiseks kasutada (Hytönen, Aro 2012; Kikamägi *et al.* 2014; Ots *et al.* 2017).

Eesti on oma põlevkivi kasutamise ja tuha poolest unikaalne, mistõttu on põlevkivituha ning puu- ja põlevkivituha segu kasutamist puude väetamiseks vähe uuritud. Pole selge, kuidas ja kui kaua konkreetne kogus tuhka intensiivistab erinevate puuliikide kasvu ning millist mõju avaldab põlevkivituhk. Kuna Eestis on jääksoodel metsapuude tuhkadega väetamise katsed algusjärgus, annab iga uus mõõtmisaasta ainulaadset infot jääksoodel metsa kasvatamise tingimuste ja võimaluste kohta. Ka kliimamuutustega kohanemise arengukavas aastani 2030 tõdetakse, et jääksoode edasiste kasutusviiside õnnestuvuse kohta ei ole veel piisavalt informatsiooni, ja et on hädavajalik läbi viia sellealast seiret hõlmavaid rakendus- ning kompleksuuringuid (Kliimamuutustega kohanemise arengukava... 2017: 40).

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on puu- ja põlevkivituha mõju uurimine arukase (*Betula pendula* Roth.), hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) ja hariliku kuuse (*Picea abies* (L.) H. Karst.) kasvule Puhatu ammendatud freesturbavälja metsastamisel.

Töös antakse mõnedel tööga seotud teemadel ülevaade kirjandusest, taustainfo katsealade kohta, avaldatakse katsealadel saadud tulemused, analüüsitakse neid statistilisele analüüsile tuginedes ning arutletakse nende üle. Töös kasutatavad andmed on saadud Puhatu ammendatud freesturbaväljalt kahelt tuhkadega väetamise abil metsastamise katsealalt. Ühelt katsealalt on analüüsitud arukase, hariliku männi ja hariliku kuuse kõrguse ja diameetri andmeid 2011.-2017. aastast ning teiselt katsealalt 2013.-2016. aastast. Puu- ja põlevkivituha ning nende segudega väetamise mõju uuriti kokku kaheksal väetuskatsevariandil. Autori osa töö koostamisel oli osalemine 2016. aasta välitöödel, kirjanduse läbitöötamine, andmete analüüs, nende kirjeldamine ja tõlgendamine.

Tänuavaldused lähevad lisaks töö juhendajatele veel Andres Kivistele, Peeter Muistele, Taimi Paalile ja Andres Jääratsile.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Jääksood Skandinaavias ja Eestis

Laiemas mõistes käsitletakse jääksoona endist turbakaevandamisala, kuid ka põllumajanduslikus kasutuses olnud kunagist sooala, mida enam ei majandata (Paal *et al.* 2011: 43). Kitsamas käsitluses on jääksoo ala, mille turba jääklasund ei ole tavaliselt rohkem kui 0,1-0,5 meetrit ja mis on edasiseks masinatega kaevandamiseks ammendatud (*Ibid.*). Jääksood, mis on tekkinud freesturba kaevandamisel, nimetatakse ammendatud freesturbaväljaks.

Eestis, Soomes ja Rootsis on väga palju turbaalasid, Eestis on nende pindala 1,01 Mha (Orru *et al.* 1992: 3), Soomes ja Rootsis kummaski 10,40 Mha (Hånell 1990 ref Vasander *et al.* 2003: 53; Lappalainen 1996 ref Vasander *et al.* 2003: 54). Taastamist vajavaid ammendatud freesturbavälju on Eestis 9371 ha (Ramst, Orru 2009: 6), Soomes ligikaudu 50000 ha (Sylvan, Hytönen 2016: 179) ja Rootsis 1349 ha (Lundblad *et al.* 2016: 44). Tabelis 1 on toodud Eesti, Soome ja Rootsi turbaalade pindala osakaalud riikide pindaladest ning ammendatud väljakute pindala osakaalud riigi ja turbaalade pindaladest.

Tabel 1. Turbaalade ja ammendatud freesväljakute pindala osakaalud ning ammendatud freesväljakute pindala osakaalud turbaalade pindalast Rootsis, Soomes ja Eestis (Ramst, Orru 2009: 6; Sylvan, Hytönen 2016: 179; Lundblad *et al.* 2016: 44; Hånell 1990 ref Vasander *et al.* 2003: 53; Lappalainen 1996 ref Vasander *et al.* 2003: 54)

	Rootsi	Soome	Eesti
Turbaalade pindala osakaal riigi pindalast	23,096%	30,731%	22,277%
Ammendatud väljakute pindala osakaal riigi pindalast	0,003%	0,148%	0,207%
Ammendatud väljakute pindala osakaal riigi turbaalade pindalast	0,013%	0,481%	0,928%

Võrreldes Soome ja Rootsiiga, on protsentuaalselt Eestis ammendatud väljakuid rohkem ning turbaalasid vähem. Ammendatud freesturbaväljade pindala osakaal riigi pindalast on Eestis ligikaudu 1,4 korda suurem kui Soomes ja 69 korda suurem kui Rootsis. Ammendatud freesturbaväljade pindala osakaal riigi turbaalade pindalast on Eestis ligikaudu 1,9 korda suurem kui Soomes ja ligikaudu 71 korda suurem kui Rootsis.

1.2. Eestis ja Skandinaavias tekkiva puutuha kogused

Pärn *et al.* (2010: 41) on leidnud Eestis iga-aastaselt tekkivaks puutuha koguseks energiatootmises eeldusel, et Eesti enamlevinud puuliikide kogu puu tuhasisaldus on 1%, 20000 tonni. Samas on Pitk *et al.* (2016: 10) arvutuste kohaselt 2017. aasta lõpuks iga-aastaselt tekkiv puutuha kogus 35000 tonni. Selles uurimuses võeti aluseks, et ühe tonni kuivatamata puiduhakke tuhasus on 2% ning võeti arvesse tollal ehitamisejärgus olevatest tootmisüksustest tekkima hakkav tuhakogus.

Soomes hinnatakse iga-aastaselt metsatööstuses tekkivaks puutuha koguseks 200000-300000 tonni (Sylvan, Hytönen 2016: 179). Rootsis tekib igal aastal 300000 tonni puutuhka, mida saaks võtta kasutusele (Emilsson 2006: 19). Tekkivate tuhkade kogused on Skandinaavias märgatavalt suurenenud (Emilsson 2006: 18; Sylvan, Hytönen 2016: 179; Ashes in Sweden... 2010: 14). Rootsis kasutatakse metsamaade väetamiseks umbes 15000 tonni puutuhka aastas (*Ibid.*: 19). Soomes kasutati 2004. aastal ära 27000 tonni puu- ja turbatuhka metsade väetamiseks (*Ibid.*: 18-19).

1.3. Puutuha keemiline koostis

Puutuhk on tahke jääk, mis tekib puidu põlemisel ja koosneb valdavalt mineraalsest osast (Pitk *et al.* 2016: 13). Põlemata orgaanilist ainet sisaldab see keskmiselt 12%, mis aga varieerub suuresti (variatsioonikordaja on 61%) (Hérbert, Breton 2009: 6). See bioloogiliselt stabiilne süsinik jääb tuha koostisesse puidu mittetäieliku põlemise tõttu (*Ibid.*). Puidu mineraalide sisaldus (tuhasus) on ligilähedaselt 1-3% biomassi kuivkaalust (Kröppel 2015 ref Pitk *et al.* 2016: 13). Pehme puiduga puuliikidel on see 0,4-0,8% ja kõva puiduga puuliikidel on see 1-1,3% (Oberberger, Thek 2004: 662). Puidu keskmist tuhasust suurendab puukoor, mille tuhasus kuivkaalust on 3-4%, ja saastatus (saastatud koorel võib tuhasus olla 5-15%) (Etiégny, Campbell 1991 ref van Alkemade *et al.* 1999: 10). Mineraalsed pinnaseosakesed satuvad tuha sisse puukoore küljest, mis on olnud maapinnaga kokkupuutes (Hérbert, Breton 2009: 6). Tuha hulga tekkimine sõltub ka puidu põlemistemperatuurist: näiteks Vassilev *et al.* (2013a: 53) leidsid, et pöõgi hakkpuidu põletamisel 1100-1500°C juures tekkis 43% vähem tuhka kui 500°C juures põletamisel ja Misra *et al.* (1993: 115) täheldasid madalal temperatuuril tekkinud tuha kuumutamisel temperatuurini 1300°C, et selle mass vähenes 22,9-47,8% sõltuvalt puuliigist.

Ka tuha keemiline koostis sõltub puidu põletamise temperatuurist ja puuliikidest, mille põletamisel see tekkinud on (Misra *et al.* 1993), kusjuures on erinevus okas- ja lehtpuude vahel (Hérbert, Breton 2009: 8). Puidu põletamisega seoses mõjutab puutuha koostist põletamistehnoloogia ning meetodid kuidas on puit põletamiseks ette valmistatud (Vassilev *et al.* 2013a: 52). Metsast puidu varumisega seoses mõjutavad puutuha koostist toitainete sisaldus pinnases, millel puud kasvanud on (Hérbert, Breton 2009: 8) ja millised on olnud teised keskkonnatingimused puu kasvamisel; kui vanalt ja mis ajal puud on raiutud; mil määral on puit saastunud pinnasega pärast raiumist ning kuidas puitu on töödeldud (Vassilev *et al.* 2010 ref Vassilev *et al.* 2013a: 52). Pärast tuha tekkimist mõjutab tuha koostist selle transpordi- ja hoiustusviis (Vassilev *et al.* 2013a: 52). Tabelis 2 on toodud välja näiteid mõningate elementide keskmistest sisaldustest (g/kg) erineva päritoluga puutuhkades.

Puidu biomassi orgaanilise aine põhilised koostisosad C, O, H, N ja S lenduvad suures osas suitsugaasidena (Pitk *et al.* 2016: 13) ja tuha koostisse jäävad kahanevas pingereas hapnik ja mineraalained: O > Ca > K > Si > Mg > Al > Fe > P > Na > S > Mn > Ti (Vassilev *et al.* 2013a: 52). Rootsi Põllumajandusülikooli puutuha andmebaasi kohaselt on puutuhast leitud kokku 43 keemilist elementi (Element concentrations in... 2017). Puutuhas on suures

koguses taimedele vajalikke makro- (Ca, Mg, K ja P) ning mikrotoitaineid (Fe, Mn, Cu ja Zn), mis teevad selle taimekasvatustlikust aspektist väärtuslikuks (Chirenje, Ma 2002). Biomassi tuhasta võib vesilahustuv olla kuni 61% ja see osa suureneb veelgi keskkonna pH vähenemisel 13-lt 5-le (Vassilev *et al.* 2013b: 30). Elementide vesilahustuvus biomassi tuhas kahanevas järjestuses on järgmises pingereas: Na > Cl > K > S > Si > Cd > Mn > Zn > Mg > Cr > Ca > Ni > (Co, Pb, P) > Mo > Cu (Vassilev *et al.* 2013b: 26).

Tabel 2. Näiteid mõningate elementide keskmistest sisaldustest (g/kg) erineva päritoluga puutuhkades – kuuest USA Maine’i ja New Hampshire’i osariigi ettevõttest (Ohno, Erich 1990: 230), ühest Soome ettevõttest (Silvan, Hytönen 2016: 180), okas- ja lehtpuude segutuhk ühest Eesti ettevõttest (Mandre *et al.* 2006: 352) ja paljude allikate keskmine Euroopa komisjoni rahastatud puutuha andmebaasist, mis loodi osana projektist Wood-En-Man ja mida haldab praegu Rootsi Põllumajandusülikool (SLU) (Element concentrations in... 2019)

	Ohno, Erich 1990 (1)	Ohno, Erich 1990 (2)	Ohno, Erich 1990 (3)	Ohno, Erich 1990 (4)	Ohno, Erich 1990 (5)	Ohno, Erich 1990 (6)	Silvan, Hytönen 2016	Mandre <i>et al.</i> 2006	SLU
Ca	240,00	74,00	280,00	220,00	88,00	220,00	135,00	123,00	166,53
K	26,80	27,30	73,80	39,00	38,80	60,00	35,00	48,00	46,20
Fe	–	–	–	–	–	–	24,60	10,40	21,61
Al	2,40	17,00	6,40	14,60	32,00	5,30	–	3,30	25,22
Mg	11,00	9,00	22,00	20,00	9,00	20,00	17,20	19,40	18,02
P	5,90	5,10	14,30	12,90	5,90	12,80	9,00	15,50	11,47
Mn	–	–	–	–	–	–	6,90	9,85	9,10
Na	0,43	2,18	5,60	2,56	2,72	2,12	–	17,90	18,02
Zn	–	–	–	–	–	–	1,50	4,34	2,22
Cu	–	–	–	–	–	–	0,10	0,20	0,12

Märkus. Tähis „–“ tähendab, et elemendi kohta uurimuses andmeid polnud.

Tuhka eristatakse selle kinnipüüdmise koha järgi lend- ja koldetuhaks. Lendtuhal on paremad omadused taimede väetamiseks ja mulla lupjamiseks, kuid samas on seal suurem ka mikroelementide ja raskmetallide sisaldus (Nurmesniemi *et al.* 2012: 48-50). Näiteks on väävlit lendtuhas 25 korda rohkem ja teisi elemente 2-7 korda rohkem kui koldetuhas (Kröppel 2015 ref Pitk *et al.* 2016: 15). Raskmetallidest on koldetuhas rohkem esindatud Co, Ba, Cr, Cu, Mo, V ja lendtuhas on rohkem esindatud Cd, Pb, Zn ja Hg (*Ibid.*).

Keskkonnaohtlikest ühenditest on puutuhast veel näiteks leitud polütsükilisi aromaatsed ühendeid (PAH) ja polükloorbifenüüle (PCB), mida esineb rohkem madalal temperatuuril puidu mittetäielikul põlemisel (Enell *et al.* 2008; Bundt *et al.* 2001 ref Pitk *et al.* 2016). Puutuhas võib olla ka radioaktiivseid isotoope, eriti ^{137}Cs , mis pärineb tuumarelvade katsetustest ja Tšernobõli tuumakatastroofist, kui on tegemist puiduga, mis on pärit nende tõttu saastunud aladelt (Emilsson 2006: 21). Puutuha aluselise suurendamiseks ja neutraliseerimisvõime parandamiseks on katsetatud sellele põlevkivituha lisamist (Kikamägi *et al.* 2014).

1.4. Puutuha kasutamise positiivsed ja negatiivsed küljed

Tänu puutuha tugevale aluselisele, on selle abil võimalik aeglustada või peatada mulla hapestumist ja metallide lahustuvust (Hérbert, Breton 2009: 27). Samuti on selle kasutamise eesmärgiks toitainete sisalduse tasakaalustamine mullas (Unger, Fernandez 1990 ref Pitk *et al.* 2016: 18). Puutuha kasutusse võtmine kiiretoimelise meliorandina põllumulda vähendaks kunstväetiste kui taastumatute ressursside kaevandamise ja tootmise vajadust, mis omakorda vähendaks kaudselt ka nendest tegevustest tekkivaid kasvuhoonegaase, ning selle prügilatesse ladestamist (Hérbert, Breton 2009: 18). Puutuhaga väetamine kiirendab mullas oleva orgaanilise N mineraliseerumist, tänu millele muutub see taimedele kättesaadavamaks (Arshad *et al.* 2012). Lisaks on leitud, et puutuhaga väetamine suurendab liivasel mullal mulla poorsust, veehoiuvõimet, elektrijuhtivust ning vähendab lasuvustihedust ja veejuhtivust (Chirenje, Ma 2002). Happelisel mullal on märgatud, et puutuhaga väetamine suurendab mullaagregaatide läbimõõtu ja teket (Arshad *et al.* 2012). Puutuhaga väetamise nähtavat mõju on metsas turbamullal kirjeldatud isegi 50 aastat pärast väetamist (Moilanen *et al.* 2002).

Mulla kvaliteeti võivad halvendada puutuhast pärinevad mikroelemendid, kui väetamine toimub korduvalt ja liiga suurtes kogustes (Hérbert, Breton 2009: 20). Näiteks on puutuha kõrget B-sisaldust esile tõstnud Ferm *et al.* (1992 ref Pitk *et al.* 1992: 20) – puutuhk on sobilik väetiseks muldadel, kus B-sisaldus on väike, kuid muldades, kus see on kõrge, võib puutuhaga väetamisel kaasneda taimede mürgistus.

Metallid (välja arvatud Cu ja Cd) ja P ei ole puutuha aluselises keskkonnas kuigi lahustuvad ja see on vähetõenäoline, et need võiksid saastada põhjavett (Morris *et al.* 1995 ref Hébert, Breton 2009: 20; Baziramakenga 2003 ref Hébert, Breton 2009: 20; Envir-Eau 2003 ref Hébert, Breton 2009: 20). Raskmetallidega saastumise ohu, mis võib tekkida tuhaga väetamisel, märgivad ära peaaegu kõik artiklid puutuhast, aga enamikus uurimustes pole saastumist täheldatud (Pitk *et al.* 2016). Näiteks ei olnud Bougnom *et al.* (2012) uurimuses näha rohumaal raskmetallide sisalduse suurenemist mullas 4 kuud peale tuhaga väetamist ega Levula *et al.* (2002) uurimuses näha nende sisalduse suurenemist pohlades seitse kasvuperioodi peale tuhaga väetamist. Perkiömäki *et al.* (2003) leidsid, et tavapärase (1-30 mg/kg) Cd-sisaldusega tuhade kasutamine ei avaldanud huumuse mikrofloorale mõju ja lisakaadmiumi sattumine toiduahelasse seente ja marjade kaudu võib juhtuda, kui väetatakse tavapäralt suure Cd-sisaldusega tuhkadega. Ludwig *et al.* (2002) tunnistasid raskmetallide lahustumatul kujul akumulierumist kõduhorisonti (vaid väike kogus pliidi oli sügavamale leostunud). Ring *et al.* (2006) täheldasid oma uurimustöös peale tuhaga töötlemist suuremat Cd olemasolu mullalahuses, kuid olulist mõju teiste raskmetallide (V, Mn, Cr, Ni, Zn, Cu, Pb ja As) sisaldusele ei leitud. Huotari *et al.* (2011) ammendatud freesturbavälja metsastamise katsealal leiti 4 aastat pärast tuhaga väetamist raskmetallidest vaid Cd-sisalduse suurenemine sammaldes, rohhtaimeses seda ei täheldatud. Moilanen ja Issakainen (2004 ref Piirainen, Domish 2004: 496) on täheldanud vanadel tuhaga väetatud aladel raskmetallide sisalduse suurenemist taimestikus, mis näitab, et lõpuks satuvad ka raskmetallid bioloogilisse aineringsse. Lodenius *et al.* (2009) uurisid mõningate putukaliikide Cd-sisaldust ja järeldasid, et rohkem mängivad rolli putukaliikide spetsiifilised omadused, mitte metsa väetamine. Cd-sisalduse väikest suurenemist on märgatud vihmaussides ning noorte karihiirte maksas ja neerudes, mida saab seostada vihmaussidest toitumisega (Lodenius *et al.* 2003).

Mikroobide elutegevus aktiveerub peale tuhaga väetamist, kui mulla pH tõuseb, mullas lahustuva süsiniku hulk suureneb ja selle kvaliteet paraneb ning neutrofiilsete bakterite elutegevus saab eelistatuks (Jokinen *et al.* 2006). Bååth *et al.* (1995: ref Pitk *et al.* 2016) on leidnud, et tuhk võib mõjuda negatiivselt seente kasvule.

Puutuha väetisena kasutamise positiivsed ja negatiivsed mõjud sõltuvad suures osas sellest, kui kaua kestab selle mulla happesust neutraliseeriv mõju, sõltudes arvatavasti mulla

algsest happesusest. Mis pärast juhtub, pole praegu täpselt teada, kuna pikaajalisi katseandmeid pole piisavalt.

1.5. Puutuha kasutamise võimalused

1.5.1. Puutuha kasutamine metsanduses

Toitaineterikka puutuhaga metsade väetamise praktika on olnud olemas üle saja aasta. Esimesed puutuhaga soo väetamise katsealad loodi metsanduslikel eesmärkidel Rootsis juba 1917. aastal (katset laiendati 1926. aastal) Umeå lähedal Rootsi põhjaosas (Malmström 1953 ref Sustainable use of... 2008: 97) ja Soomes 1937. aastal (Lukkala 1951 ref Sustainable use of... 2008: 97).

On leitud, et metsade väetamine puutuhaga on tulus metsamajanduslik võtte ja sellele pööratakse Skandinaaviamaades üha enam tähelepanu (Pitk *et al.* 2016: 26). Puidu põletamisel tekkinud tuhka on soovitatud metsa tagasi tuua, et kompenseerida toitainete väljavedu, võidelda mulla hapestumise vastu ning vältida puutuha akumul eerumist jäätm ena prügilatesse (Sustainable use of... 2008: 31, 80). Rootsis toimubki metsade tuhaga väetamine peamiselt just sellel eesmärgil (Emilsson 2006: 13). Soomes on aga domineerivaks põhjuseks soometsade produktiivsuse suurendamine (*Ibid.*).

Lõuna-Rootsi suure lämmastikuvaruga mineraalmuldadel on puutuhaga väetamisega suurenenud puistute juurdekasv (Emilsson 2006: 7). Vähemviljakatel mineraalmuldadel on puutuhaga väetamisel aga olnud neutraalne või kergelt negatiivne mõju (Jacobson *et al.* 2014; Moilanen *et al.* 2013). Kõige paremaid tulemusi on näidanud tuhaga väetamine turvasmuldadel, mis on K- ja P-vaesed, kuid N-rikkad (Moilanen 2002). Kaalium ja P on aga esmajärgus limiteerivateks teguriteks turbaalade metsades (Hytönen 2003: 220).

Ammendatud freesturbaväljade metsastamine ei ole võimalik ilma väetamiseta, sest puude kasv oleks väga aeglane ja nende suremus suur. Puutuhk on heaks vahendiks jääksoode

metsastamisele kaasa aitamiseks, kuna see suurendab märkimisväärselt puude biomassi formeerumist ning kõrguse ja juurekaela diameetri aastast juurdekasvu. (Kikamägi *et al.* 2013: 133; Hytönen, Aro 2012)

Puutuha kasutamine ammendatud freesturbaväljal väetisena omab positiivset mõju turba P-, K-, Ca- ja Mg-sisaldusele ja aitab seega ammendatud freesturbavälja kiiresti taastaimestada (Näsi *et al.* 2004: 476). Huotari *et al.* (2008) leidsid ammendatud freesturbaväljal, et tuhaga väetamine aitab tugevalt kaasa kaseseemikute tekkele ja ellujäämisele. Samuti aitab see kaasa alustaimestiku tekkimisele, mis hoiab ära osa toitainete leostumise (Huotari *et al.* 2011), ja seega ka surnud taimeosade akumulereumisele, mis paneb tööle pikemas perspektiivis jätkusuutliku toitaineteringe taimede ja mulla vahel (Huotari *et al.* 2007).

Puutuhast toitainete vabanemine on aeglane protsess (Piirainen, Domisch 2004). Samas ei vabane kõik toitained sama kiiresti, näiteks on K lühima aja jooksul kohe peale tuhaga töötlemist taimedele väga kättesaadav, aga P jääb neile kättesaadavaks pikaks ajaks (Sustainable use of... 2008: 83). Üldiselt väheneb taimede makrotoitainete lahustuvus tuhas järgmiselt: $K > Mg > Ca > P$ (Eriksson 1998 ref Sustainable use of... 2008: 83). Puutuha väetav mõju võib kesta turvasmullal kasvavale metsale isegi 30-50 aastat (Silfverberg, Issakainen 1996 ref Mandre *et al.* 2010; Moilanen *et al.* 2002).

1.5.2. Puutuha kasutamine teistes valdkondades

Puutuha kasutamine põllumajanduses on praktika, mis oli levinud meie esivanemate seas, kuid mis hüljati 1930. aastatel ja taasavastati 1990. aastatel. Puutuha omadus neutraliseerida happelist mulda ja selle koostises olevad taimede põhi- ja mikrotoitained annavad võrreldes põllumajandusliku lubjaga suurema põllukultuuride tootlikkuse ja ka finantsilise võidu. Ülemaailmne puutuha kasutuselevõtt põllumajanduses vastavalt parimatele põllumajanduslikele keskkonnapraktikatele võiks olla säästva arengu edulugu ning hea puitu töötleva tööstusharu ja põllumajandussektori partnerluse näide. (Hérbert, Breton 2009: 28)

Puutuhka saab kasutada ka mahepõllunduses ühe efektiivsema ja odavama Ca- ja K-väetisena. Kuna puutuhaga väetamine suurendab liblikõieliste saaki, saab selle abil kaudselt ka mulla N-varu suurendada. Puutuha kasutamine suurendab Mn-sisaldust taimekudedes, tänu millele võib suurenedagi taime looduslik resistentsus haigustele. (Huber, Wilhelm ref Hérbert, Breton 2009: 26)

Katsed põldudel ja kasvuhoonetes on näidanud, et puutuhk sobib hästi paljude kultuuride väetamiseks, annustades seda kogusega kuni 50 t/ha, kuid harilikult on laotusnormid vahemikus 2-10 t/ha. Puutuha kasutamist aianduses ja põllumajanduses piirab võimalik kõrge biomassi päritolust sõltuv Cd-sisaldus. (Pitk *et al.* 2016: 24)

Eestis läbiviidud katse rohumaal näitas, et puutuhka väetisena kasutades on võimalik saada sama suurt saaki või suurematki, kui K mineraalväetisega väetamisel. Kahekordse K normi järgi annustamisel suurenes saagikus veelgi. (Raave 2015: 31)

Puutuhka on võimalik kasutada ka kompostide ja mullasegude tootmisel nende pH tõstmiseks ja toitainetega rikastamiseks. Oluline on aga, et seda annustataks täpselt, sest kompost peab vastama kindlatele kvaliteedinõuetele. (Hérbert, Breton 2009: 27)

Puutuhka, mis oma omaduste poolest on madala toitainesisaldusega (P ja K), ületavad saastenorme või kipuvad hoiustamisel tsementeeruma, peaks taaskasutama tsemenditootmiseks (Siddique 2008 ref Hérbert, Breton 2009: 27). Koldetuhka, mis sisaldab palju liiva, kruusa ja kive, on edukalt kasutatud põllumajandusteede pinnakattematerjalina (Hérbert, Breton 2009: 27).

1.6. Põlevkivituhk

Põlevkivituhka on tekkinud aastatel 2012-2016 keskmiselt 8,3 miljonit tonni aastas ja sellest on taaskasutatud keskmiselt 0,4 miljonit tonni aastas ehk umbes 5 % (KK6115: Ohtlike jäätmete... 2017). Põlevkivituhka on tekkinud ladestuspaikadesse ehk

tuhaväljadele 280 miljonit tonni, mis suureneb iga aastaga (igast põletatud tonnist põlevkivist tekib 0,45-0,47 tonni tuhka) (Kuusik *et al.* 2012: 8).

Põlevkivituha koostis on võrdlemisi varieeruv, sõltudes, millisest kihist põletatud põlevkivi pärit on, kui palju on sorteerimisel vahekihtide materjali sisse jäänud (Hallik 1965: 79), ning mis tehnoloogiat põlevkivi põletamiseks on kasutatud (Hallik 1965). Põlevkivi põletamise tehnoloogia järgi saab põlevkivituhka jaotada resttuhaks, mis on saadud tükkpõlevkivi kihisel põletamisel restidel, ja tolmpõlevkivituhaks, mis on saadud pulbriks jahvatatud põlevkivi lenduvas olekus ja kõrgemal temperatuuril põletamisel (Kalmet 1979: 158-159). Tolmpõlevkivituha saab omakorda jaotada osakeste suuruse ja kinnipüüdmise koha järgi (alustades suurematest osakestest) kambertuhaks, tsüklontuhaks ja elektrifiltertuhaks (Hallik 1965: 81). Tolmpõlevkivituha keemiline ja fraktsiooniline koostis oleneb millise ehitusega tuhapüüdmisseadmeid kasutatud on, milline on olnud suitsugaaside liikumiskiirus ja põlevkivi jahvatusaste (Kärblane 1996: 79). Kuna O. Halliku (1965) järgi pole põlevkivituha väetisena kasutamisel oluline selle keemiline üldanalüüs, vaid soolhappes lahustuv osa, on sellest lähtuvalt tabelis 3 toodud mõned näited erineva päritoluga restpõlevkivituha keemiline koostis.

Tabel 3. Erineva päritoluga põlevkivituha proovide (resttuhk) soolhappe lahuses lahustuva osa keemiline koostis oksiididena (Hallik 1965: 79-80)

Põlevkivituha päritolu	CaO	R ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	CO ₂	SiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅
Kiviõli jõujaam	35,75	8,97	1,47	1,33	16,75	5,39	5,65	0,11
	12,74	4,85	0,73	0,28	7,61	1,79	1,41	0,05
Kohtla-Järve gaasivabriku värsketuhk	39,65	7,52	3,20	0,88	16,50	5,06	7,20	0,13
	14,14	4,06	1,59	0,19	7,50	1,69	1,80	0,05
Tallinna elektrijaam	37,90	8,77	3,55	1,14	18,23	3,75	7,25	0,12
	13,51	4,75	1,76	0,24	8,29	1,25	1,81	0,05

Märkused:

1. Lugejas on toodud oksiidide sisaldused protsentides ja nimetajas on toodud vastava oksiidide sisaldus 1 kg põlevkivituhas gramm-ekvivalentides.
2. R₂O₃-sisaldus on arvutatud lähtudes oletusest, et Al₂O₃:Fe₂O₃ suhe jääb põlevkivituhas samaks kui on põlevkivis ehk 3,4:1.

Tabelis 4 on toodud näiteid tolmpõlevkivituha eri liikide soolhappe lahuses lahustuva osa keemiline koostis.

Tabel 4. Tolmpõlevkivituha eri liikide keemiline koostis protsentuaalselt kuivainest (Hallik, 1965:85)

		Tolmpõlevkivituhk						
		Kambertuhk		Tsüklontuhk		Elektrifiltertuhk		–
		a	b	a	b	a	b	c
Koostisosa (%)	SiO ₂	9,03	8,53	8,63	10,55	10,09	12,10	8,65
	CaO	48,05	49,38	48,08	51,13	38,63	42,08	29,85
	R ₂ O ₃	9,88	9,23	8,85	10,33	10,18	10,23	9,05
	MgO	8,95	8,20	3,98	5,58	3,92	4,50	3,09
	K ₂ O	1,20	1,10	1,20	1,30	2,10	2,60	1,60
	P ₂ O ₅	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,16	0,13
	SO ₃	3,80	4,03	4,83	4,07	5,39	5,86	2,35
	CO ₂	6,64	7,80	8,56	6,72	6,37	6,51	6,58
	Soolhappes lahustumatu	13,87	13,87	16,74	14,76	25,66	20,32	41,18

Märkused:

1. Tähis „a“ tähendab, et proov on võetud Balti Soojuselektrijaamast 30. aprillil 1964. aastal.
2. Tähis „b“ tähendab, et proov võetud Balti Soojuselektrijaamast 8. mail 1964. aastal.
3. Tähis „c“ tähendab, et Ahtme Soojuselektrijaama proov võetud Torma sovhoosis tsemendiveokilt 19. märtsil 1964. aastal.
4. Tähis „–“ tähendab, et tolmpõlevkivituha liik polnud uurimuses määratletud.

Põlevkivituhk sisaldab ka piisavas koguses mikroelemente, nii et need võiksid taimede kasvule mõju avaldada, kuid neid ei ole kuigi palju, võrreldes kümneid kordi suuremate kogustega, mida mikroväetistega antakse (Kalmet 1979: 159). Tabelis 5 on toodud mõnede mikroelementide sisaldused erinevates põlevkivituha liikides.

Tabel 5. Mõnede mikroelementide sisaldus eri liiki põlevkivituhkades (Kalmet 1979: 159)

		<i>n</i>	Mikroelement (g/t kuivaines)					
			B	Cu	Mn	Mo	Zn	Co
Resttuhk		6	12,50	8,80	305,00	2,70	89,00	3,70
Tolmpõlevkivi- tuhad	Kamber- tuhk	4	8,50	12,50	300,00	5,90	104,00	1,67
	Tsüklon- tuhk	13	12,00	10,80	233,00	7,30	61,00	2,10
	Elektrifilter- tuhk	7	16,50	10,30	210,00	8,50	97,00	2,40

Märkus. Tähis „n“ tähendab proovide arvu.

Tolmpõlevkivituhk sisaldab seda rohkem boori, molübdeeni, ja koobaltit ning seda vähem vaske ja mangaani, mida peenema fraktsiooniga see on (Kalmet 1979:159). Tolmpõlevkivituha Pb-sisaldus on 17-60 mg/kg, Cd-sisaldus 1-2 mg/kg ja Hg-sisaldus <0,1 mg/kg (Kärblane 1996: 237).

Põlevkivituhka on kasutatud Eestis põldudel lubiväetisena alates 1947. aastast (Hallik 1965: 263), tolmpõlevkivituhka alates 1964. aastast (Kalmet 1979: 158). Näiteks, saadi 1960. aastal Põlva rajooni muldadega tehtud katsetel NPK-väetise foonil elektrifiltertuhaga väetamisel M. I. Kalinini nimelise kolhoosi keskmiselt lagunenud siirdesooturbal 1,5-kordne ja A. H. Tammsaare nimelise kolhoosi saviliivmullal 8-kordne söödapeedi juurikate enamsaak ning Kuuste sovhoosi saviliivmullal 2-kordne ja „Võidu“ kolhoosi liivmullal 4,5-kordne suhkrupeedi juurikate enamsaak (Hallik 1965: 186-187). Samuti saadi A. H. Tammsaare nimelise kolhoosi saviliivmullal 1,8-kordne, M. I. Kalinini nimelise kolhoosi turvasmullal 2,7-kordne ja Kuuste sovhoosi saviliivmullal 1,4-kordne punase ristiku saak (Hallik, 1965: 190).

Põlevkivituhka (20-25 t/ha) on proovitud kasutada Rae rabas kuivendatud alal männi, kuuse ja kasega metsastamisel 1950. aastatel rajatud katsealadel, kuid selle selgelt positiivset mõju ei leitud ja seal selle kasutamist ei peetud mõttekaks (Seemen *et al.* 2000). Põlevkivituha mõju turbamaal puude kasvule peetakse väikeseks, sest P-sisaldus selles on väike ning põhilised taimetoitained ebasoodsates suhetes (Ots *et al.* 2017: 301). Põlevkivituha ja puutuha segu kasutamist väetisena jääksoo metsastamisele kaasa aitamiseks on vähe uuritud, kuid esialgsed tulemused näitavad, et segutuha mõju on sarnaselt puutuha mõjule hea (Kikamägi *et al.* 2014; Ots *et al.* 2017), mistõttu tasuks edasi katsetada erinevate tuhasegudega.

1.7. Ammendatud freesturbaväljade korrastamise võimalused

Ammendatud freesturbaväljade korrastamise võimalused sõltuvad jääkturba paksusest, selle botaanilisest koostisest, lagunemisastmest, happesusest, taimedele vajalike ja neile toksiliste ainete sisaldusest, turba õhustatusest, veerežiimist ja sademete liigvee eemaldamise võimalustest, mikrokliimast, mineraalsest aluspõhjast ning ala suurusest (Pikk 2010: 397). Tegutsemiskava, mille järgi peale turba varumise lõpetamist toimida, peaks koostama nii vara kui võimalik, eelistatavalt samal ajal, kui planeeritakse turba varumise alustamist, et säästa aega ja raha (Leupold 2004: 43). Ammendatud freesturbavälju on võimalik korrastada sõltuvalt sealsetest tingimustest metsamaaks, tagasi sooks, marjakasvatuseks, veekoguks ja energianiiduks. Ka saab neid rekultiveerida põllumaaks, aga kasutuses mitteolevaid põllumaid on Eestis niigi (Pikk 2011: 74).

1.7.1. Metsandus

Esimesed jääksoo metsastamise katsed rajati juba 1950. aastatel Lääne-Soomes (Kaunisto 1985 ref Klemetti *et al.* 2004: 1236). Rootsisis on 2014. aastaks metsastatud 5397 ha jääksoid (Lundblad *et al.* 2016: 44). Kui soo tekkis kunagi metsa soostumise tagajärjel, siis taastaks turbaväljade metsastamine sellise etapi minevikus, mil algas turba ladestumine. (Pikk 2010: 397)

Eeldusel, et 20-30 aastat pärast turbavarumise lõppemist töötavad kuivenduskraavid normaalselt ning jääksoole on levinud piisavalt külmakohrutust vähendavaid rohu- ja puhmarinde taimi, võib sellest lõpuks tekkida hõre vähetootlik sookase puistu. (Pikk 2010: 399) Takistavateks faktoriteks on veel näiteks jääksoo väga suur pindala, ekstreemsed temperatuurid, vähese aeratsiooniga tihenenud sügavamad turbakihiid ja toitainete puudus (*Ibid.*: 397-398). Soodsamad olud rahuldava kasvuga lehtpuupuistu tekkeks on kohtades, kus on läheduses seemnepuid, tekkinud on õhukesest jääkturbakihiist viljakas glei-

madalsoomuld ja ära on juhitud liigvesi (*Ibid.*: 400-401). Harva võib ka leida jääksoole looduslikult tekkinud tootliku lehtpuupuistu (*Ibid.*: 401).

Puudele kasvuks vajalike toitainete puudus on jääksoo metsastamisel väga suureks probleemiks (Pikk 2010: 398). Näiteks, on L. Raid näidanud artiklis „Kasekülvide väetamine jääksoodel“ (1981), et kaseseemikutel on jääksool (uuritud siirdesoo- ja madalsoolasundil) kriitiliseks toiteelemendiks P, mistõttu tuleb nende alade metsana rekultiveerimiseks kindlasti seda toiteelementi väetamisega lisada. Lisaks fosforile on jääkturbas suur puudus veel kaaliumist, tihti ka lämmastikust ja mitmetest mikroelementidest (põhiliselt Cu, B ja Mn) (Pikk 2010: 398, 400).

Metsastamiseks peab jääkturbakihi keskmine tusedus olema vähemalt 20-30 cm (Paidla 1975: 619; Valk 1980: 108). Praegu kehtiva keskkonnaministri määruse järgi peab alles jätma metsamaaks kujundatavale ammendatud jääksoole vähemalt 30 cm paksuse turbakihi, välja arvatud, kui on vajalik alles jätta vähem ja see on ka korrastamisprojekti põhjendatud (Uuritud ning kaevandatud... 2019, § 13 lg 2). Enne metsakultuuri rajamist tuleks maal lasta 2 aastat seista, et puud läheks paremini kasvama, kuna jääkturbakihil arvatakse olevat toksilisi omadusi, mis pärast mõne aasta möödumist kaovad (Valk 1980: 109). Lisaks soovib A. Paidla artiklis „Mis saab jääksoodest?“ (1975: 621) ammendatud freesturbaväljale metsakultuuri rajamisel kõigepealt kündmisel või sügavfreesimisel maapind kobestada ja siis jätta see 1-2 aastaks madalsooturba või 4-5 aastaks rabaturba puhul seisma, muutmaks toitaineid taimedele kättesaadavamaks ja lihtsustamaks looduslikku taimestumist, mis aitab külmakohrutuse vastu. Samuti on vaja ära juhtida liigvesi, kuna kevaditi ja sügiseti esineb üleujutusi (Valk 1980: 108-109). Kuivendusvõrk peab tagama põhjaveetaseme, mis on vegetatsiooniperioodil keskmiselt 40-50 cm sügavusel ja 20-30 cm sügavusel kevadisel metsakultiveerimisajal (*Ibid.*: 108). Keskkonnaministri määruse järgi peab põhjaveetase korrastatud metsamaal jääma sügavamale kui 70 cm, välja arvatud, kui kõrgem põhjaveetase on maa sihtotstarbeliseks kasutamiseks vajalik ja see on korrastamisprojekti põhjendatud (Uuritud ning kaevandatud... 2019, § 15 lg 1, 3).

Vähem kui 50 cm paksuse turbakihi ja soodsa veerežiimiga jääksoodes (põhjaveetase jääb rohkem kui 30 cm sügavusele maapinnast) on soovitatud parima maapinna ettevalmistuse võimalusena sügavat täisküüdi mineraalpinnase maapeale toomiseks (Valk 1980: 109). Ebasoodsa veerežiimiga alla 50 cm paksuse turbakihi jääksoodes on

soovitav kuivendamise võimaluse puudumisel maapind adravagudeks ette valmistada, et puud saaks istutada vaoharjadele ja vesi ära voolata (*Ibid.*). Jääksoos, kus maapinnal on suhteliselt viljakam madal soo turvas, näib turba kobestamine aitavat puudel kasvama minna. (Paidla 1975: 621).

Jääksoodes on soovitatud kultiveerida harilikku mändi (*Pinus sylvestris* L.), arukaske (*Betula pendula* Roth), harilikku kuuske (*Picea abies* (L.) H. Karst.), kusjuures viimast neist soodsa veerežiimiga alla 50 cm paksuse turbakihi jätksoodes ning üle 50 cm paksuse turbakihi jätksoodes, kus maapinnal on madal sooturvas, sest harilik kuusk on madal soodes kõige tootlikumaks puuliigiks (Valk 1980: 109). Kuuskede hiliskülmade käes kannatamise riski saab vähendada kasvatades neid kaskede turbe all (*Ibid.*). Vaheldumisi kuusega ridadega võib reas kultiveerida ka euroopa lehist (*Larix decidua* Mill.), jaapani lehist (*L. kaempferi* (Lamb.) Carrière) ja kuriili lehist (*L. gmelinii* (Rupr.) Rupr. var. *japonica* (Maxim. ex Regel) Pilg.) jääksoos, kus turbakihi paksus on alla 30 cm ja sellealune pinnas on kruusane ning veerežiim on soodne (*Ibid.*). Segakultuuri võib rajada ka iga kahe männi rea järel kuuse rea istutamisega (*Ibid.*). Harilikku kuuske, kuriili lehist ja musta kuuske (*Picea mariana* (Mill.) Britton *et al.*) võib ka kasvatada paksu rabaturba kihiga jääksoos, kuigi parimaks variandiks oleks seal arukask (Pikk 2010: 401). Kask on pioneerpuuliigiks vanade turbakarjäärade looduslikul uuenemisel (Raid 1981: 65). Samuti kasvab kask looduslikult madal soodes ja vähemal määral ka siirdesoodes (*Ibid.*). Loodusliku tekkega lehtpuud tuleks okaspuu kultuuridesse alles jätta (Valk 1980: 109). Soovituslikult võiks rajatud puistus vahelduda laiemad okaspuuribad (50 m) kitsamate kaseribadega (kuni 20 m) (*Ibid.*).

Kultuuride hooldust tuleks teha jääksoodes, kus on tugev rohukasv, kuni puude kõrgus ületab rohurinde kõrguse (Valk 1980: 110). Kõik soomuldadele rajatud metsakultuurid kannatavad põdra ja metskitse kahjustuste käes (Pikk 2010: 401).

1.7.2. Tingimuste loomine taassoostumiseks

Jääksoode korrastamise eesmärgiks võib võtta isereguleeriva süsteemi taastamise, mis oleks taas turvast akumul eeriv ökosüsteem. Eestis soovitatakse selleks järgida Kanada metoodikat (*Canadian approach* ehk *Sphagnum moss transfer method*), sest see on andnud häid tulemusi ja eeldatakse, et see võiks küllalt sarnastest loodusoludest lähtudes ka Eestis kasutamiseks sobida. Kanada metoodika järgi tehakse kulutused mõne esimese aastaga ära ning jätkatakse ala seirega, et teha vajadusel täiendavaid töid ja parandada kasutuses olevat metoodikat. Taassoostumiseks vajalike tingimuste loomise järgselt hakkab see protsess looduslikult tööle. Kanada metoodikat iseloomustab taimestiku aktiivne taastamine ja selle kasvuks sobivate stabiilsete tingimuste loomine. (Karofeld 2011: 122)

Töid tuleb alustada tehtavate tööde etteplaneerimisest, mida tehes tuleb arvestada ala kaevandamiseelsete iseärasustega, ala topograafiaga, turba jääklasundi omadustega, alale ise tekkinud taimestikuga, taimefragmentide kogumiseks doonor alade olemasoluga, ümbruskonna maastikuliste iseärasustega ja selle veerežiimiga, töö eesmärkidega ja nende saavutamiseks vajalike tegevustega ning seire korraldamisega. Planeerimise ja ettevalmistustööde järgselt valmistatakse ette pinnas, kogutakse doonor alalt vajalikud taimefragmentid, puistatakse need laiali taastatavale alale, peale mida kaetakse need (õlgedest) multšiga, väetatakse ala ning suletakse kuivenduskraavid. (Karofeld 2011: 123)

Eestis on vastu võetud otsus korrastada 2017.-2020. aasta jooksul Euroopa Liidu kaasabil 2000 ha jääksoid, luues neil tingimused taassoostumiseks. Eesmärk loodetakse saavutada reguleerides veetaset paisudega, vajadusel ka turbasamblaid külvates ning puurinnet harvendades või seda eemaldades. Korrastatavad alad paiknevad valdavalt riigimaadel ja looduskaitsealadel ning need valiti välja koostöö tulemusel Tallinna Ülikooli teadlastega. Tööde läbiviijaks on Riigimetsa Majandamise Keskus (RMK) (Riik korrastab... 2016).

1.7.3. Marjakasvatuse rajamine

Üheks jääksoode korrastamise võimaluseks on marjakasvatuse rajamine. Vähenõudlike ja happelist kasvupinnast eelistavate metsamarjade viljelemine oleks jääkturbalasundi paksust arvestades võimalik umbes 2000 hektaril ammendatud freesturbaväljadel (Noormets *et al.* 2002: 293). Eestis on rajatud nii jõhvika- kui ka mustikakultuure.

Jõhvikakultuuride rajamiseks hästi sobivad jääksood on suhteliselt kõrge põhjaveega (veetase 10-40 cm sügavusel) (Valk 1980: 198) ja vähelagunenud turbaga (lagunemisaste 20-40%) (T. Paal 2011: 68). Väetamise abil on võimalik kiirendada maapinna taimedega kattumist ja suurendada saaki (Noormets *et al.* 2003: 1008).

Esimeseks suuremaks (24 ha) hariliku jõhvika (*Oxycoccus palustris* Pers.) kultuuriks on 1976. aastal Pärnumaale Mätta rabasse rajatu. 1980. aastate lõpuks oli neid rajatud 275 ha ulatuses. Need alad jäid edasise hoolduseta ja said rahvale hävinud jõhvikasoodes asendajaiks, andes enamasti palju rohkem saaki kui enne turbakaevanduseks saamist. Kui looduslikes jõhvikasoodes loetakse heaks saagiks 0,5 t/ha, siis külvatud jõhvikakultuurides saadakse keskmiselt 1,5 t/ha ja istutatud kultuurides on saadud kuni 10 t/ha saaki. Jõhvikakultuuride rajamine taastas jääksoodes rabataimestiku ja seega saavutati väga oluline looduskaitse eesmärk. (T. Paal 2011: 68-70)

Põhja-Ameerikast pärit ahtalehise mustika (*Vaccinium angustifolium* Aiton) seemikute ja poolkõrge kasvuga hübriidsortide 'Northblue' ja 'Northcountry' (*Vaccinium* × *atlanticum* E.P.Bicknell) kasvatamine marjakasvatus- ja harrastustaludes on Eestis levimist alustanud 2000. aastast alates (T. Paal 2011: 71). Risoomidega leviva ahtalehise mustika taimed sobivad hästi kasvatamiseks ammendatud freesturbaväljal, kus ei ole umbrohu probleemi (Noormets *et al.* 2002: 293). Istutatud taimede paremaks kasvama minekuks ja viljakandeikka jõudnud taimede paremaks saagikuseks soovitatakse neid väetada (T. Paal 2011: 73). Kuna mustikapõõsaste võrsed vananevad ja hakkavad vähem saaki kandma, soovitatakse igal aastal poolkõrge mustika põõsastest mitu korda saaki kandnud oksid 2-3 tükki ära lõigata ning ahtalehise mustika põõsad iga paari aasta möödumisel võrsalõikajaga maha lõigata, stimuleerimaks saagikamate noorte võrsete kasvamist (T. Paal 2011: 73-74).

Katsetusi on tehtud ka näiteks lepalehise toompihlaka (*Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M.Roemer), kanada leedri (*Sambucus canadensis* L.) (Selin 1996 ref Bellemare *et al.* 2009: 1), musta aroonia (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) (Bussièrès *et al.* 2008), hariliku pohla (*Vaccinium vitis-idaea* L.) (Vaksmann, Seemen 1985) ja rabamuraka (*Rubus*

chamaemorus L.) (Bellemare *et al.* 2009) sobivuse hindamiseks marjakasvatuseks ammendatud freesturbaväljal.

1.7.4. Veekogu loomine

Jääksoole kunstliku veekogu loomisega käivad tihti kaasas ka sootaimestiku arenemine ning veelupaigad, mis annavad toitu, pesitsuskohti ja kaitset veelindudele, kaladele ja teistele veeloomadele. Järved on atraktiivsed mitmesugustel puhke-eesmärkidel, näiteks kalastajatele. (Leupold 2004: 36)

Parimad tingimused veekogu rajamiseks peale turba varumise lõpetamist on kohtades, kus turbaalne mineraalpinnas koosneb savist, raskest liivsavist, merglist või järvemudast, sest neist saavad järve põhja läbitungimatud kihid (Utter, Lundmark 2003 ref Leupold 2004: 36). Järve põhja tuleks alles jätta 30-60 cm turvast, et veetaimedel oleks seal parem levida, ning hea oleks sinna teha süvendeid ja kõrgendikest saarekesi, mis muudaksid veesügavuse mitmekesiseks (Vikberg 1996 ref Leupold 2004: 36). Saarekesed peaksid minimaalselt olema 10 m² suurused ja nende erosiooni eest kaitsmiseks tuleks kasutada kive või puidurisu või külvata kõrrelisi, nagu näiteks kastikuid (*Calamagrostis* spp.) või kasteheinu (*Agrostis* spp.) (Hörnsten 1992 ref Leupold 2004: 36). Järve sügavus tuleks paika panna vastavalt sellele, mis linnuliikide sinna asustumist tahetakse soosida (Leupold 2004: 36). Kui võtta prioriteediks kalad, siis parimaks kalajärvede keskmiseks sügavuseks oleks 1,5-2 m, kohati sügavamate aukudega, mis oleks võimalusel puude lähedal ning oleks kaladele jahedamaks varjupaigaks palava ilma korral (Caffrey 1998 ref Leupold 2004: 37). Arvestada tuleb sellega, et esimeste aastate jooksul tekkinud taimed võidakse veelindude poolt ära süüa või hävitada, mistõttu tuleks kohe alguses rajada mitmeid taimelappe, kust taimestik saaks veekogu koloniseerima hakata (Leupold 2004: 36-37). Sõltuvalt kallaste järskusest, veepeegli pindalast ja vee sügavusest kasvaksid looduslikes tingimustes need järved kallastest järjest edasi tungivate taimede tõttu lõpuks kinni, kuid seda saab pikemas perspektiivis vältida veetaset reguleerides (Utter, Lundmark 2003 ref Leupold 2004: 36). Puud ja põõsad peaksid olema järve kallastel grupiti ja laiguti, nii et rannajoon jääks kohati

avatuks ja kalastajatele, küttidele ning loodusuurijatele ligipääsetavaks (Leupold 2004: 37). Kui jääksooga on seotud mõni väike vooluveekogu, võib hariliku haava (*Populus tremula* L.) istutamisega edendada sinna kobraste asustumist (*Ibid.*).

1.7.5. Energianiidu rajamine

Jääksoosid on võimalik kasutusele võtta ka energianiiduna. Selleks sobib väga hästi päideroog (*Phalaris arundinacea* L.) tänu oma headele omadustele, milleks on kiire uuenemine, suur saagikus ja head põlemisomadused (J. Paal 2011: 96). Päideroogu on võimalik kasutada ka toorainena paberitööstuses (Finell 2003). Päideroo kultiveerimine aitab kiiresti ja suhteliselt väheste kulutustega jääksoo pinna katta rohukamaraga, mis parandab jääksoo maastikulist ilmet ja takistab jääksoost kasvuhoonegaaside emiteerumist (Saarmets 2011: 104). Energianiidud annavad võimaluse sissetulekuks ja tööhõiveks talunikele ning hoida maastik avatuna (J. Paal 2011: 96).

Energianiidu rajamiseks kasutusele võetava jääksoo turba jääklasundi paksus ei tohiks ületada 10 cm. Paksema turbakihi jätmine oleks turba kui ressursi raiskamine, sest see jääks sinna lihtsalt mineraliseeruma. Kuni 10 cm paksuse kihi saaks selle all olevasse mineraalpinnasesse künda ja sel viisil taimedele hea kasvukeskkonna luua. Lavassaare katseväljakute näitel, kus turba jääklasund on vähemalt 0,5 m, on selle tagajärjel saagi koristamine äärmiselt raskendatud, kuna masinad vajuvad sisse. (Saarmets 2011: 104)

Päideroo kasvatamise saagikust saab tõsta väetamisega, kuid muudab selle ka oluliselt kallimaks ja suurendab koristuskadusid, sest pikemaks kasvavad kõrred lamanduvad rohkem talvel lume tõttu (Saarmets 2011: 104). Parimaid tulemusi on saadud, kui väetamiseks on kasutatud mineraalväetisi koos sõnniku või reoveesetega (Heinsoo *et al.* 2011). Kuid isegi väetades jääb turvasmullal päideroo saak peaaegu kaks korda väiksemaks kui mineraalmaal (*Ibid.*).

Päiderooniitu on võimalik kasutada ka puhastusloduna, kui sellelt alalt enne eesvoolu suunamist läbi juhtida raba või ka põllumajanduses kasutatava maa kuivendusvesi. See

eeldab küll vajaliku pinnareljeefi kujundamist ja väljade sobivat asetust, kuid tänu sellele võib nende väetamise vajadus täiesti ära kaduda. (Saarmets 2011: 105)

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Katsealade asukoht ja kirjeldus

Uuritud on kahte katseala, mille asukohaks on Ida-Virumaa, Toila vald, Konju küla, Puhatu ammendatud freesturbaväli. Katsealad on rajatud Puhatu turbamaardla aladele, mis asuvad Ahtme metskonna territooriumil. Esimese katseala koordinaatideks on 59°19'24.175"N, 27°33'59.113"E ja teise katseala koordinaatideks on 59°19'34.748"N, 27°34'25.166"E. Katsealad linnulennult on näidatud joonistel 1 ja 2. Mullatüüp, millel katsealad paiknevad, on sügav eemaldatud madalsoomuld. (Maa-ameti geoportaal 2018)

Turba pH_{KCl} oli kummalgi katsealal keskmiselt 4,3. Selle olulisemate makrotoitainete sisaldused on toodud kummagi katseala kohta tabelis 6.

Tabel 6. Katsealade turba algne olulisemate makrotoitainete sisaldus (mg/kg)

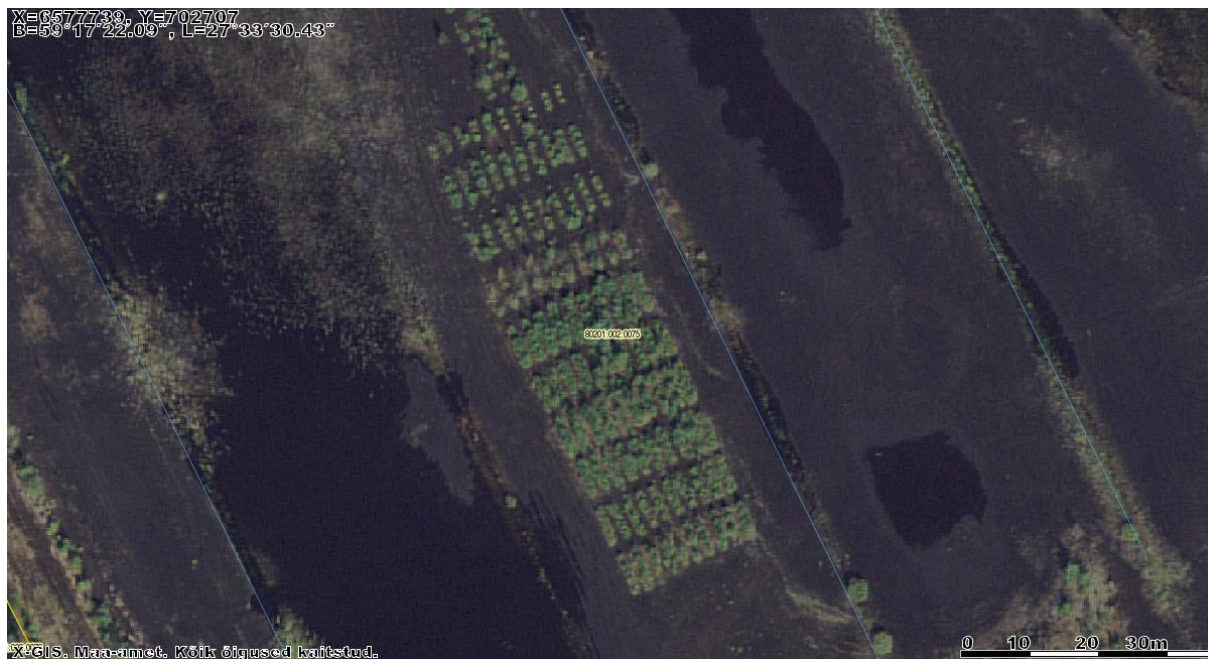
	N	P	K	Ca	Mg
Esimene katseala	28900,00	6,66	49,82	8042,69	531,54
Teine katseala	29733,33	0,65	24,57	8246,00	664,33

Märkused:

1. N-sisaldus on määratud Kjeldahli meetodil.
2. P- ja K-sisaldus on määratud ammooniumlaktaatmeetodil.

Esimene pilootkatseala rajati 2011. aastal SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse (KIK) 2010. aasta projekti nr. 29 „Jääksoode turba toiteelementide bilansi tasakaalustamine ja puude kasvu stimuleerimine biokütuste tuhkadega (puu- ja turbatuhk)” raames (Jääksoode turba... 2012). Teine katseala rajati 2013. aastal KIK-i 2012. aasta projekti nr. 3708 „Ida-Virumaa ammendatud freesturbaväljade turba toiteelementide bilansi tasakaalustamine ja

puude kasvu stimuleerimine põlevkivituha ning põlevkivi- ja puutuha seguga“ raames (Ida-Virumaa ammendatud... 2013).



Joonis 1. Esimene katseala linnulennult Puhatu ammendatud freesturbaväljal (Maa-ameti geoportaal 2018).

Puhatu jääsoo paikneb Puhatu soostikus, mis on Eesti suurimaks soostikuks (pindala 57000 ha). Puhatu soostik kuulub Kesk- ja Ida-Eesti suurte soode valdkonda ja selle Peipsi nõo põhjaosa allvaldkonda. Puhatu soostik piirneb lõunast Peipsi põhjakaldal asuvatest Agusalu soodest kuni Auvere-Narva joonel asuva Oru sooni. Selle soomaastiku iseloomulikuks jooneks on lääne-ida suunaliste palumännikutega liivaseljakutega vahelduvad märjad rabaribad. Turba ja põlevkivi kaevandamine soostiku põhjaosas on ala suuresti muutnud. (Allikvee, Masing 1988: 270-271)

Puhatu mahajäetud turbatootmisala kogupindalaks on 1486,13 ha, kuid see on aja jooksul vähenenud põlevkivi kaevandamise tõttu. Soo on tekkinud suure ulatusega jääjärvelisse nõkku, kus turvas on tekkinud jääjärvelistele liivsavidetele ja liivadele. Mahajäetud turbatootmisala läbivad kraavid, mille kaudu juhitakse ära ka osa Sirgala põlevkivikarjäärist ärapumbatavast veest. Katsealad paiknevad jääsoo põhjaosas, mille

eraldab ülejäänud osast raudtee. Seal olevatest freesväljakutest suurematki maa-ala katavad loode-kagusuunalised madalad karjäärid. (Ramst *et al.* 2006: 31, 37)



Joonis 2. Teine katseala linnulennult Puhatu ammendatud freesturbaväljal (Maa-ameti Geoportaal 2018).

Põhjavesi on katsealadel keskmiselt 0,5 m sügavusel. Keskmiselt 0,5 m sügavuse veega karjäärade põhjas on turvast keskmiselt 1 m. Nendes kasvavad harilik pilliroog (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), tarnad (*Carex* spp.), konnaosi (*Equisetum fluviatile* L.) ja penikeeled (*Potamogeton* spp.). Freesväljakutel kasvab peale väheste puude ka tupp-villpead (*Eriophorum vaginatum* L.) keskmiselt 10 % katvusega ning madalamates kohtades veel pilliroogu, ahtalehist villpead (*Eriophorum angustifolium* Honck.) ja tarnasid. Poolenisti turbamudaga täitunud kraavides kasvavad arvukalt tupp-villpea, ahtalehine villpea, laialehine hundinui (*Typha latifolia* L.), kraavtarn (*Carex pseudocyperus* L.), harilik luga (*Juncus effusus* L. (s.str.)) ja kraavluga (*Juncus bufonius* L.). (Ramst *et al.* 2006: 37)

2013. aastal ei täheldatud olulisi muutusi Ramst *et al.* (2006) kirjeldatud ala seisukorrast. Kuivenduskraavide ääres kasvavad veel kased (*Betula* spp.), männid, pajud (*Salix* spp.),

vaarikad (*Rubus idaeus* L.), paiselehed (*Tussilago farfara* L.), metsmaasikad (*Fragaria vesca* L.), tulikad (*Ranunculus* spp.), osjad (*Equisetum* spp.), tarnad ning isegi kanarbikud (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) ja pohlad. Lagedad alad, kust on turvast kaevandatud, vahelduvad metsasiiludega, mille alustaimestikuhohavahad nõgesed, mis viitavad kasvukoha N-rikkusele. Tihti esines alla 10 aasta vanuste kaskede ja mändide juures külmakohrutuse ja pinnase ärakande nähte. (Ida-Virumaa ammendatud... 2013: 9)

Turba kaevandamisega on avatud väga halva veehoide ja veemahutavuse võimega turbalasundi sügavamad kihid, mistõttu on sadevee toimetel kerged moodustuma pinnapealsed ajutised veekogud. Mida enam sügise poole, seda suurema pindalaga need on. Jääkturbal valitseb taimetoitainete puudus (eriti K-defitsiit), millele viitab männiokaste kolletumine. Kraavikallastel mineraliseerunud turbal kasvama läinud kaskedest ja mändidest võiks kunagi tarbimisväärtust omav mets kasvada, kui sellele väetamise ja raietega kaasa aidata. (Ida-Virumaa ammendatud... 2013: 8-9)

Eesti mahajäetud turbaalade revisjoni 2. etapi käigus võeti seisukoht, et turba kaevandamise taaslustamine ala põhjaosas ei ole otstarbekas ning tänu karjäärade rohkusele tekib sinna küllaltki mitmekesine loodusmaastik. Protsessi kiirendamiseks võib aktiivsete korrastusmeetmetega kaasa aidata. (Ramst *et al.* 2006: 37)

Jääkturbakihi paksus on Puhatu ammendatud freesturbavälja metsastamiseks piisav: minimaalselt on selleks mõõdetud 26 cm ja maksimaalselt 55-100 cm (Ots *et al.* 2009). Metsa kasvatamist soodustavateks teguriteks Puhatu jääksool on teedevõrgu ja kuivendussüsteemi olemasolu, kuid viimase korralik toimimine tuleks taastada (Jääksoode turba... 2012: 6, 34).

2.2. Katsealade rajamise metoodika ja morfoloogilised analüüsid

Mõlemad katsealad rajati 1-aastaste arukase, 2-aastaste hariliku männi ning 3-aastaste hariliku kuuse potitaimedega. Taimed istutati käsitsi esimesel katsealal 2011. aasta mais ja teisel katsealal 2013. aasta mais seaduga 1,2×2 m. Tuhkadega väetamine toimus

ruutsüsteemi viisil (1×1 m piires) enne taimede istutamist. Joonisel 3 on näidatud esimest katseala 2011. aasta suvel ja sellelt on ka hästi näha tuhkadega väetatud aladele alustaimestiku kaudu eristumine mitteväetatutest.

Esimesel pilootalal tehti iga puuliigi jaoks järgnevad väetuskatsevariandid:

- Kontroll ($n=50$)
- Puutuhk 10 t/ha (PT10) ($n=50$)
- Puutuhk 15 t/ha (PT15) ($n=50$)
- Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8) ($n=40$)

Teisel alal tehti iga puuliigi jaoks järgnevad väetuskatsevariandid kolmes korduses:

- Kontroll ($n_{\text{kask}}=15+16+18=49$; $n_{\text{mänd}}=15+16+18=49$; $n_{\text{kuusk}}=12+16+18=46$)
- Puutuhk 20 t/ha (PT20) ($n=3 \times 30=90$)
- Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15) ($n=3 \times 30=90$)
- Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15) ($n=3 \times 30=90$)
- Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ($n=3 \times 30=90$)
- Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10) ($n=3 \times 30=90$)

Teise katseala kontrollpuude arv erines, kuna saadi vähem taimi, kui oli planeeritud.

Esimese katseala puhul kasutatud puutuhaks on Sonda katlamajast pärit koldetuhk ($\text{pH}_{\text{KCl}}=9,8$) ja põlevkivituhaks on tsüklontuhk ($\text{pH}_{\text{KCl}}=12,5$). Teise katseala puhul on kasutatud puutuhaks sama Sonda katlamaja tuhk ning põlevkivituhaks on AS Eesti Energia Narva Elektriijaamad 6. plokki filtrituhk ($\text{pH}=12,6$), mis valiti katseks põhjusel, et see sisaldas 3 korda rohkem kaaliumi ja 1,5 korda vähem kaltsiumi, mille sisaldus on Põhja-Eesti jääksoode turbas isegi suur (see on Lõuna-Eesti jääksoode vastavatest näitajatest 10 korda suurem) (Ida-Virumaa ammendatud... 2013: 10).



Joonis 3. Ruutsüsteemi alusel puutuhaga väetatud proovialad 2011. aasta suvel (Fotod K. Ots).

Tabel 7. Väetuskatsevariantidel väetusruutu (1 m²) tuhkadega sisse segatud keemiliste elementide kogused (g)

	P	K	Ca	Mg	B	S	Cd	Cr	Ni	Pb	Fe	Zn	Cu
PT10	142,75	122,00	1550,00	20,40	0,02	11,00	0,02	0,18	0,34	0,29	130,40	7,11	0,96
PT15	214,13	183,00	2325,00	30,60	0,03	16,50	0,03	0,26	0,51	0,43	195,60	10,67	1,44
PT10+PõT8	148,01	200,40	3710,00	338,40	0,68	139,00	0,68	0,30	0,43	0,45	323,60	7,51	1,03
PT20	285,50	244,00	3100,00	40,80	0,03	22,00	0,03	0,35	0,68	0,58	260,80	14,22	1,92
PT15+PõT15	231,83	538,35	5438,40	200,70	2,89	526,50	0,04	0,65	0,66	1,07	428,10	11,54	1,56
PT15+PõT10	160,45	477,35	4663,40	190,50	2,88	521,00	0,03	0,56	0,49	0,93	362,90	7,98	1,08
PT10+PõT15	225,93	419,90	4400,60	144,00	1,94	356,50	0,04	0,52	0,61	0,86	350,60	11,25	1,52
PõT10	11,80	236,90	2075,60	113,40	1,91	340,00	0,01	0,26	0,10	0,43	155,00	0,58	0,08

Puudel on aastate lõikes mõõdetud peale kasvuperioodi lõppemist kõrgused (cm) ja juurekaeladiameetrid (mm) (ning arvutatud kõrguse ja diameetri juurdekasvud). Esimese katseala kohta on kõrguse mõõtmisandmed aastatest 2011-2017 ja diameetri mõõtmisandmed aastatest 2012-2017. Teise katseala kohta on mõõtmisandmed aastatest 2013-2016.

2.3. Andmete statistiline analüüs

Kummagi katseala mõõdetud tunnuste andmeid analüüsiti väetuskatsevariantide kaupa aastate lõikes ning arvutati nende aritmeetilised keskmised ja standardhälbed. Andmekogumite normaaljaotusele vastavuse kontrollimiseks kasutati Shapiro-Wilk'i testi. Kui tunnuse võrreldavate andmete komplektis olid andmed, mille normaaljaotusele vastavus polnud kindel (testi $p\text{-value} < 0,05$), kasutati nende aritmeetiliste keskmiste statistilise erinevuse kontrollimiseks Wilcoxon'i paarikaupa testi koos Bonferroni parandusega. Kui andmekogumite normaaljaotusele vastavuses polnud põhjust kahelda, kasutati nende aritmeetiliste keskmiste statistilise erinevuse kontrollimiseks ühefaktorilist dispersioonanalüüsi koos Tukey HSD testi ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga. Aritmeetilised keskmised loeti statistiliselt erinevaks, kui nende võrdluse $p\text{-value}$ oli $< 0,05$.

Joonistel ja tabelites esitati statistiline erinevus kolmel olulisusnivool (0,05; 0,01; 0,001) kontrollitult.

Andmete analüüsiks ja jooniste tegemiseks kasutati tarkvara Microsoft Excel 2010. Shapiro-Wilk'i testi ja Wilcoxon'i testi tegemiseks kasutati tarkvara R versiooni 3.4.3 (64-bitilist). Tukey HSD testi ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga tegemiseks kasutati *on-line* kalkulaatorit (One-way ANOVA... 2016).

3. TULEMUSED JA NENDE ANALÜÜS

3.1. Puude kõrgus ja diameeter ning nende aastased juurdekasvud

3.1.1. Arukask

Esimese katseala kaskede kõrguse aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 8 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 1. Kõrguse juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 4 ja tabelis 9 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 2.

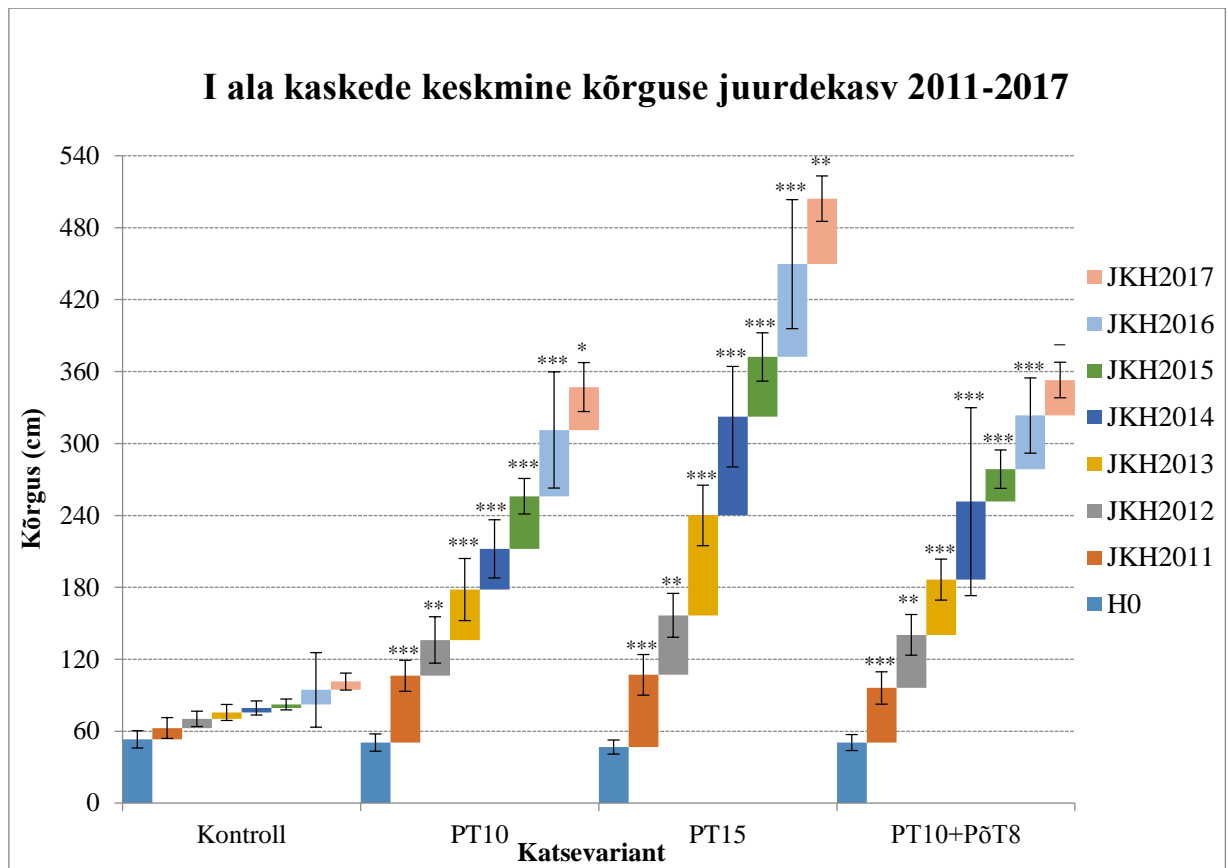
Esimesel katsealal kasvasid kõige kõrgemateks katsevariandi Puutuhk 15 t/ha (PT15) kased. Nende kõrguse aritmeetiline keskmine oli pärast 7 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 415 cm, mis oli 3,9 korda suurem kui kontrollalal (106 cm), 1,4 korda suurem kui katsevariandil Puutuhk 10 t/ha (PT10) (304 cm) ning 1,3 korda suurem kui katsevariandil Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8) (319 cm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erines puude kõrgus statistiliselt igal aastal kontrollalast ning kõrguse juurdekasv ei erinenud statistiliselt vaid katsevariandil PT10+PõT8 2017. aastal.

PT15 katsevariandi kõrgused erinesid statistiliselt igal, välja arvatud 2012. aastal, PT10+PõT8 katsevariandist ning ei erinenud statistiliselt vaid 2011. aastal katsevariandist PT10, arvatavasti põhjusel, et PT15 katsevariandi puude keskmine algkõrgus oli ligi 4 cm madalam. Keskmised juurdekasvud erinesid enamikel aastatel statistiliselt PT15 katsevariandil PT10 ja PT10+PõT8 katsevariantidest, välja arvatud 3 aastal kummagil juhul, olles seejuures siiski suuremad igal aastal. PT10 ja PT10+PõT8 katsevariantidel oli väetamise mõju kaskede kõrgusele väga sarnane – see erines statistiliselt vaid pärast esimest kasvuperioodi, mil see oli PT10 katsevariandil 10 cm suurem. Seejuures erines statistiliselt kõrguse juurdekasv nendel katsevariantidel pärast kahte esimest kasvuaastat.

Tabel 8. Esimese katseala kaskede kõrguste (H) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

KS	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
H0	53,3	50,6	46,8	50,6
σ	7,2	7,2	5,9	6,7
H2011	62,7	106,2	107,2	96,1
σ	11,3	14,6	18,8	15,9
H2012	71,4	136,9	153,3	141,2
σ	12,6	24,5	28,3	24,4
H2013	72,7	178,0	240,2	180,0
σ	17,8	41,5	46,2	48,9
H2014	77,9	191,9	293,7	210,3
σ	17,6	45,5	80,7	53,0
H2015	81,2	225,6	296,4	229,8
σ	14,9	47,1	77,7	46,9
H2016	85,1	280,5	360,4	274,6
σ	16,5	54,4	76,3	62,2
H2017	106,0	319,7	414,9	304,2
σ	8,2	58,4	73,7	67,2

Märkus: Tähis „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.



Märkused:

1. Tähis „H0“ tähendab istutamisejärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.
2. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
3. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
4. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
5. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 4. Esimese katseala kaskede kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ± andmete standardhälbed aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8) koos töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

Tabel 9. Esimese katseala kaskede kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

KS	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
JKH2011	9,4	55,7	60,3	45,5
σ	8,7	13,0	17,0	13,4
JKH2012	7,7	29,8	49,6	44,2
σ	6,3	19,4	18,3	16,9
JKH2013	5,2	42,1	83,4	46,0
σ	6,7	25,9	25,3	17,0
JKH2014	3,8	34,0	82,3	65,2
σ	5,8	24,3	42,0	78,4
JKH2015	3,0	43,9	49,8	27,0
σ	4,5	14,9	20,1	16,1
JKH2016	12,1	55,2	77,4	44,8
σ	31,0	48,5	53,8	31,4
JKH2017	7,0	35,8	54,5	29,5
σ	7,0	20,5	19,0	14,8

Esimese katseala kaskede juurekaela diameetri aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 10 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 3. Diameetri juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 5 ja tabelis 11 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 4.

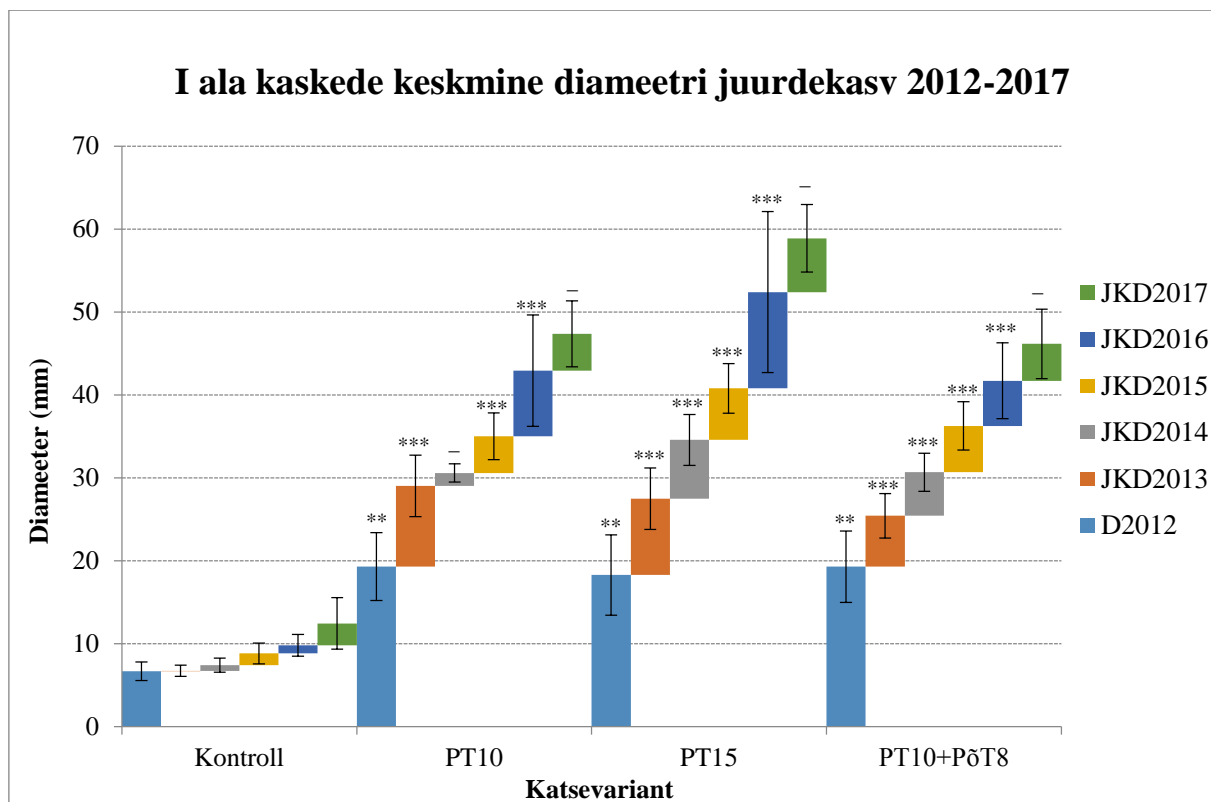
Esimesel katsealal kasvasid kõige jämedamateks katsevariandi PT15 kased. Nende diameetri aritmeetiline keskmine oli pärast 7 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 56 mm, mis oli 4,6 korda suurem kui kontrollalal (12 mm) ja 1,2 korda suurem kui katsevariantidel PT10 ja PT10+PõT8 (kummagil keskmine diameeter ligikaudu 46 mm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erines puude diameeter statistiliselt igal aastal kontrollalast ning diameetri juurdekasv ei erinenud statistiliselt mitte ühelgi katsevariandil ainult 2017. aastal ja PT10 katsevariandil 2014. aastal.

Tabel 10. Esimese katseala kaskede juurekaela diameetrite (D) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (mm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2012-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

KS	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
D2012	6,7	19,3	18,3	19,3
σ	1,1	4,1	4,8	4,3
D2013	6,7	29,0	28,2	25,4
σ	1,1	6,4	6,8	6,0
D2014	7,4	28,4	34,1	30,7
σ	1,1	6,4	8,4	6,1
D2015	8,9	32,9	40,1	36,3
σ	1,7	7,5	8,7	7,5
D2016	9,5	40,8	49,9	41,7
σ	2,1	9,3	10,6	9,1
D2017	12,3	45,6	56,4	46,2
σ	2,5	9,5	11,0	9,2

Tabel 11. Esimese katseala kaskede juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

KS	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
JKD2013	0,1	9,7	9,2	6,1
σ	0,7	3,7	3,7	2,7
JKD2014	0,7	1,6	7,1	5,2
σ	0,9	1,1	3,1	2,3
JKD2015	1,4	4,4	6,2	5,6
σ	1,2	2,8	3,0	2,9
JKD2016	1,0	7,9	11,6	5,4
σ	1,3	6,7	9,7	4,6
JKD2017	2,6	4,5	6,5	4,5
σ	3,1	4,0	4,1	4,2



Märkused:

1. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
2. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
3. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 5. Esimese katseala kaskede juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) \pm andmete standardhälbed aastatel 2013-2017 koos esimeste mõõdetud diameetri andmetega 2012. aastast katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8) koos töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

PT15 katsevariandi diameetrid ei erinenud statistiliselt 2 aastal PT10 katsevariandist ja 4 aastal PT10+PõT8 katsevariandist, kusjuures oli see nii esimestel uuritud aastatel. Keskmised diameetri juurdekasvud erinesid statistiliselt PT15 katsevariandil PT10 katsevariandist 2 aastal (2014 ja 2015), ületades PT10 katsevariandi tulemust, ja 2 aastal (2013 ja 2016) PT10+PõT8 katsevariandist, ületades samuti PT10+PõT8 katsevariandi tulemust. PT10 ja PT10+PõT8 katsevariantidel oli väetamise mõju kaskede diameetrile

väga sarnane – see ei erinenud statistiliselt oluliselt ühelgi aastal. Samas erines statistiliselt diameetri juurdekasv 2 aastal (2013 ja 2014).

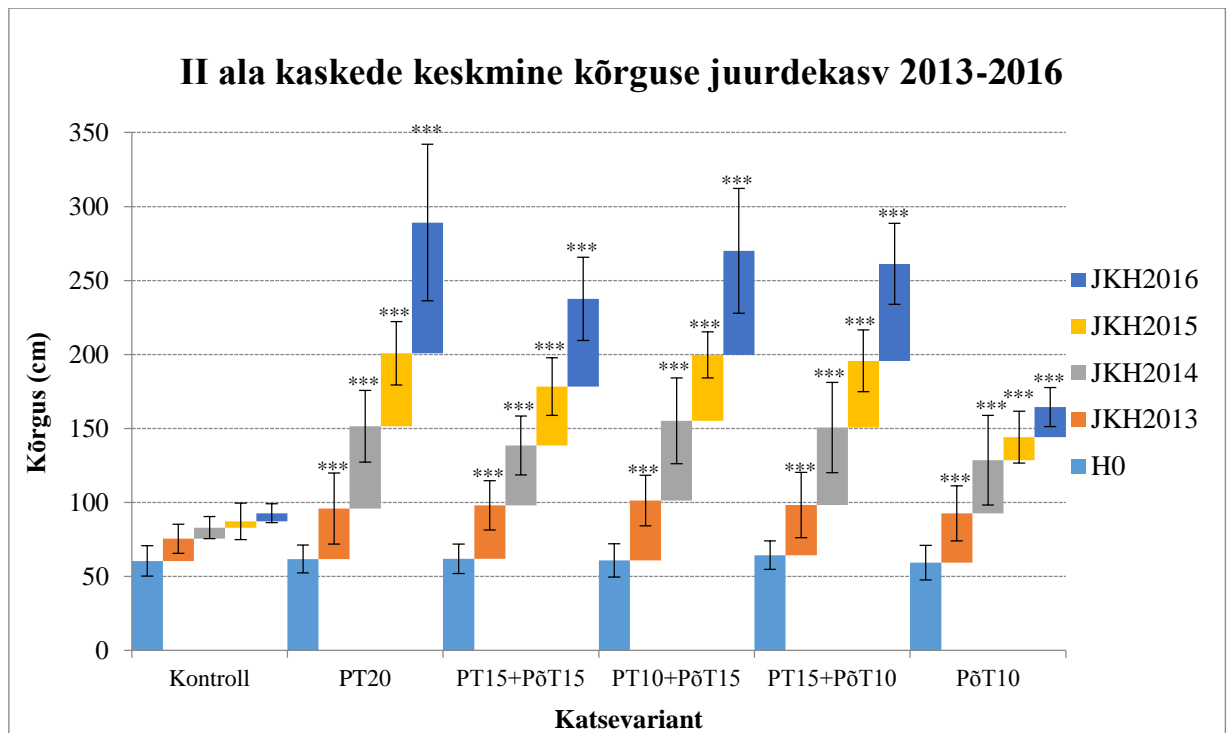
Esimesel katsealal avaldas tuhka dega väetamine arukase kasvule, võrreldes väetamata kontrolliga selgelt positiivset mõju. Puude kasvu mõjutas enim puutuhk koguses 15 t/ha. Selget mõju arukase kasvule põlevkivituha puutuhaga kokku segamine ei avaldanud.

Teise katseala kaskede kõrguse aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 12 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 3. Kõrguse juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 6 ja tabelis 13 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 4. Teise katseala kaskede kõrguse mõõtmist näitab joonis 7.

Tabel 12. Teise katseala kaskede kõrguste (H) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

KS	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
H0	60,5	61,8	62,0	60,8	64,4	59,3
σ	10,3	9,4	9,9	11,2	9,6	11,7
H2013	76,3	95,8	98,3	101,3	98,2	91,9
σ	15,4	25,5	21,7	23,3	23,4	19,1
H2014	82,5	151,6	138,0	154,6	147,1	123,3
σ	16,0	37,0	28,5	32,0	33,9	24,4
H2015	86,2	200,8	175,7	199,3	192,1	138,5
σ	17,2	46,4	42,0	38,9	41,8	29,0
H2016	90,9	287,5	233,8	270,2	256,8	158,7
σ	17,7	45,5	59,4	42,2	53,4	33,9

Märkus: „H0“ tähendab istutamisejärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.



Märkused:

1. Tähis „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses
2. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001

Joonis 6. Teise katseala kaskede kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ± andmete standardhälbed aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10) koos esimese töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.



Joonis 7. Töö autor välitöödel 5-aastaste kaskede kõrgusi mõõtnas teisel katsealal. (Foto K. Ots)

Teisel katsealal kasvasid kõige kõrgemateks katsevariandi Puutuhk 20 t/ha (PT20) kased, kuid neile ligilähedase kõrgusega olid ka segutuhkadega väetatud katsevariandid Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15) ja Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) (statistiliselt oluliselt erines puude keskmine kõrgus vaid katsevariantidel PT20 ja PT15+PõT10 2016. aastal). PT20 katsevariandi puude kõrguse aritmeetiline keskmine oli pärast 4 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 288 cm, mis oli 3,2 korda suurem kui kontrollalal (91 cm) ja 1,8 korda suurem kui katsevariandil Põlevkivituhk 10

t/ha (PõT10) (159 cm). Joonisel 8 on näidatud 5-aastaste kaskede kontrollala ja katsevarianti PT20 võrdluses. Tuhaga töödeldud katsevariantidel erinesid puude kõrgus ja selle juurdekasv statistiliselt igal aastal kontrollalast. Segutuhkade ja puutuhaga töödeldud katsevariantidel olid puude kõrgus ja selle juurdekasv kõigil aastatel, välja arvatud esimesel aastal, statistiliselt oluliselt suuremad kui ainult põlevkivituhaga väetatud katsevariandil (erandlikult polnud katsevariandi Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15) kõrguse juurdekasv teisel aastal statistiliselt oluliselt suurem).



Joonis 8. Viieaastane arukask puutuha (20 t/ha) katsealal (vasakul) ja kontrollalal (paremal) 2016. aasta suvel. (Foto K. Ots)

PT20 katsevariandi kõrguse juurdekasv oli PT15+PõT15 katsevariandist statistiliselt oluliselt suurem igal aastal, välja arvatud esimesel. PT15+PõT15 katsevariandi puude

keskmise kõrgus oli PT10+PõT15 katsevariandi omast statistiliselt oluliselt väiksem kõigil aastatel, välja arvatud esimesel aastal, kuid selle kõrguse juurdekasv oli statistiliselt oluliselt väiksem vaid 2014. aastal. PT15+PõT15 katsevariandi puude keskmine kõrgus ei erinenud statistiliselt oluliselt PT15+PõT10 katsevariandist ühelgi aastal, kuid selle juurdekasv oli esimesel aastal statistiliselt oluliselt suurem. PT10+PõT15 katsevariandi puude kõrgus ega selle juurdekasv ei erinenud statistiliselt PT15+PõT10 katsevariandi omadest mitte ühelgi aastal.

Tabel 13. Teise katseala kaskede kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

KS	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
JKH2013	14,9	34,1	36,1	40,5	33,9	33,4
σ	9,8	24,0	16,6	17,1	22,1	18,7
JKH2014	7,5	55,7	40,5	53,8	52,3	36,0
σ	7,5	24,2	20,0	29,0	30,5	30,3
JKH2015	4,3	49,2	39,7	44,7	45,0	15,5
σ	12,4	21,5	19,5	15,5	20,9	17,5
JKH2016	5,5	88,4	59,3	70,3	65,5	20,3
σ	6,4	52,9	28,1	44,0	27,4	13,2

Teise katseala kaskede diameetri aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 14 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 5. Diameetri juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 9 ja tabelis 15 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 6.

Tabel 14. Teise katseala kaskede juurekaela diameetrite (D) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

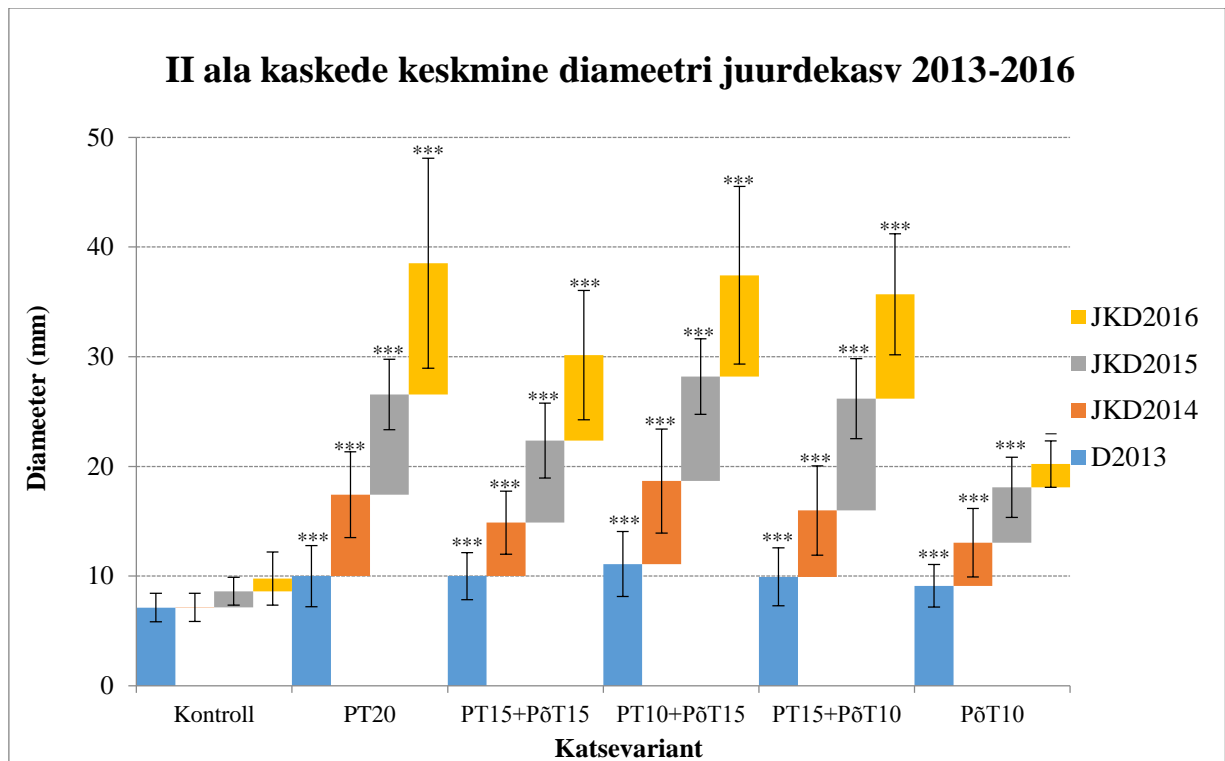
KS	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
D2013	7,1	10,0	10,0	11,1	9,9	9,1
σ	1,3	2,8	2,1	3,0	2,6	1,9
D2014	7,3	17,4	14,8	18,6	16,0	12,8
σ	1,1	5,7	3,6	4,7	4,7	3,2
D2015	8,1	26,6	22,2	28,1	26,3	17,6
σ	1,9	8,0	5,4	7,0	7,3	3,8
D2016	9,8	38,4	29,4	37,3	35,7	19,7
σ	2,0	8,0	9,3	6,9	9,4	4,6

Tabel 15. Teise katseala kaskede juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2014-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

KS	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
JKD2014	0,0	7,4	4,9	7,6	6,1	3,9
σ	1,3	3,9	2,9	4,7	4,1	3,1
JKD2015	1,5	9,1	7,5	9,5	10,2	5,0
σ	1,3	3,2	3,4	3,4	3,6	2,7
JKD2016	1,2	12,0	7,8	9,2	9,5	2,1
σ	2,4	9,6	5,9	8,1	5,5	2,1

Teisel katsealal kasvasid kõige jämedamateks katsevariandi PT20 kased, kuid neile ligilähedase juurekaela diameetriga olid ka segutuhkadega väetatud katsevariandid PT10+PõT15 ja PT15+PõT10, kusjuures statistiliselt olulised erinevused ei olnud. PT20 katsevariandi puude diameetri aritmeetiline keskmine oli pärast 4 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 38 mm, mis oli 3,9 korda suurem kui kontrollalal (10 mm) ja 1,9 korda suurem kui katsevariandil PõT10 (20 mm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erinesid puude diameeter ja selle juurdekasv statistiliselt igal aastal kontrollalast, erandiga

juurdekasvu puhul PõT10 katsevariandil 2016. aastal. Segutuhkade ja puutuhaga töödeldud katsevariantidel olid puude diameeter ja selle juurdekasv enamikel aastatel statistiliselt oluliselt suuremad kui ainult põlevkivituhaga väetatud katsevariandil.



Märkused:

1. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
2. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 9. Teise katseala kaskede diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) ± andmete standardhälbed aastatel 2013-2016 koos esimese 2013. aastal mõõdetud diameetriga katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10) ning koos esimese töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

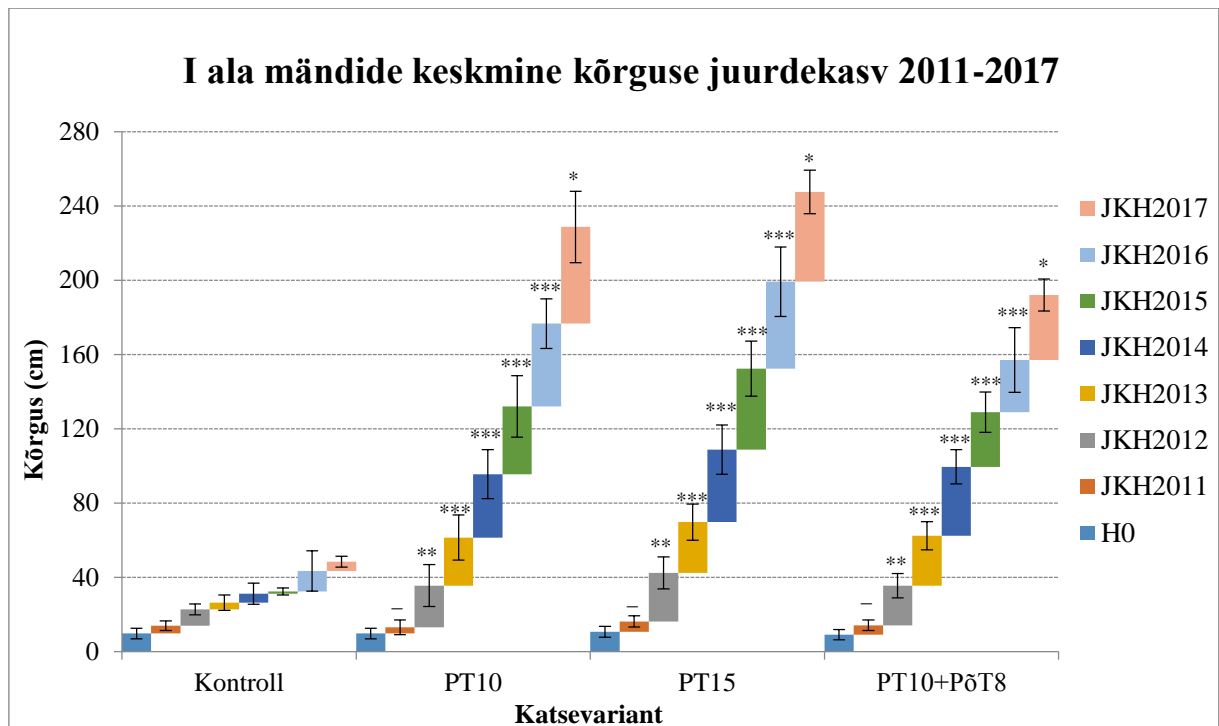
PT20 katsevariant erines statistiliselt oluliselt ka igal aastal, välja arvatud esimesel keskmise diameetri puhul, PT15+PõT15 katsevariandist, kusjuures selle keskmine juurekaela diameeter ja selle juurdekasv olid viimasest suuremad. PT15+PõT15

katsevariandi puude keskmine kõrgus oli PT10+PõT15 katsevariandi omast statistiliselt oluliselt väiksem kõigil aastatel, välja arvatud esimesel aastal, kuid selle kõrguse juurdekasv oli statistiliselt oluliselt väiksem vaid 2014. aastal. PT15+PõT15 katsevariandi puude keskmine diameeter oli ka statistiliselt oluliselt väiksem PT15+PõT10 katsevariandi omast 2015. ja 2016. aastal. PT10+PõT15 katsevariandi puude diameeter oli statistiliselt oluliselt suurem kahel esimesel aastal PT15+PõT10 katsevariandi omast.

Teise katseala puhul eristus kaskedel tuhkadega väetamise mõju kõige selgemalt kontrolliga võrreldes. Selgelt avaldus ka suuremate segutuhkade ja puutuha koguste kasutamine võrreldes vaid põlevkivituhaga väetamisega. Tuhkadega töödeldud katsevariante võrreldes ilmnas, et ühte kõige paremat varianti ei saa välja tuua, kuid eristusid kolm kõige paremat väetuskatsevarianti: PT20, PT10+PõT15 ja PT15+PõT10.

3.1.2. Harilik mänd

Esimese katseala mändide kõrguse aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 16 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 9. Kõrguse juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 10 ja tabelis 17 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 10.



Märkused:

1. Tähis „H0“ tähendab istutamisejärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.
2. Tähis „-“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
3. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
4. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
5. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 10. Esimese katseala mändide kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ± andmete standardhälbed aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8) koos töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

Esimesel katsealal kasvasid kõige kõrgemateks katsevariandi PT15 mändid. Nende kõrguse aritmeetiline keskmine oli pärast 7 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 249 cm, mis oli 4,9 korda suurem kui kontrollalal (51 cm), 1,1 korda suurem kui katsevariandil PT10 (226 cm) ning 1,3 korda suurem kui katsevariandil PT10+PõT8 (192 cm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erines puude kõrgus kontrollalast statistiliselt kõigil aastatel, välja arvatud esimesel, arvatavasti põhjusel, et mändidel on, erinevalt kaskedest, istutusjärgne stress suurem. Kõrguse juurdekasv erines statistiliselt igal aastal, välja arvatud esimesel, kontrollala omast kõikidel katsevariantidel.

Kuigi PT15 katsevariandi mändid saavutasid 8. kasvuaastal kõige suurema keskmise kõrguse, ei erinenud statistiliselt usaldatavalt selle katsevariandi puude kõrgused ega selle juurdekasvud PT10 katsevariandi omadest ühelgi aastal. Keskmised juurdekasvud PT15 katsevariandil olid statistiliselt oluliselt suuremad PT10+PõT8 katsevariandi omadest 2012. ja 2015.-2017. aastal. PT10 ja PT10+PõT8 katsevariantidel oli väetamise mõju mändide kõrgusele väga sarnane – see ei erinenud statistiliselt oluliselt ühelgi aastal. Samas erines statistiliselt kõrguse juurdekasv nendel katsevariantidel kahel aastal (2016-2017).

Tabel 16. Esimese katseala mändide kõrguste (H) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

MA	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
H0	9,8	9,8	10,8	9,2
σ	2,8	2,9	2,9	2,7
H2011	14,1	13,8	16,3	13,9
σ	3,9	5,2	4,9	4,1
H2012	22,8	37,7	42,1	35,2
σ	5,5	13,2	11,8	10,1
H2013	26,9	63,5	69,4	62,0
σ	6,3	22,5	19,9	15,4
H2014	31,2	97,7	108,5	99,2
σ	7,0	34,2	31,2	21,7
H2015	31,3	134,1	154,1	128,5
σ	10,6	47,6	39,6	26,4
H2016	38,1	173,4	200,9	157,0
σ	9,3	52,6	53,0	33,6
H2017	50,7	225,5	249,3	192,0
σ	11,0	67,8	59,6	38,7

Märkus: „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.

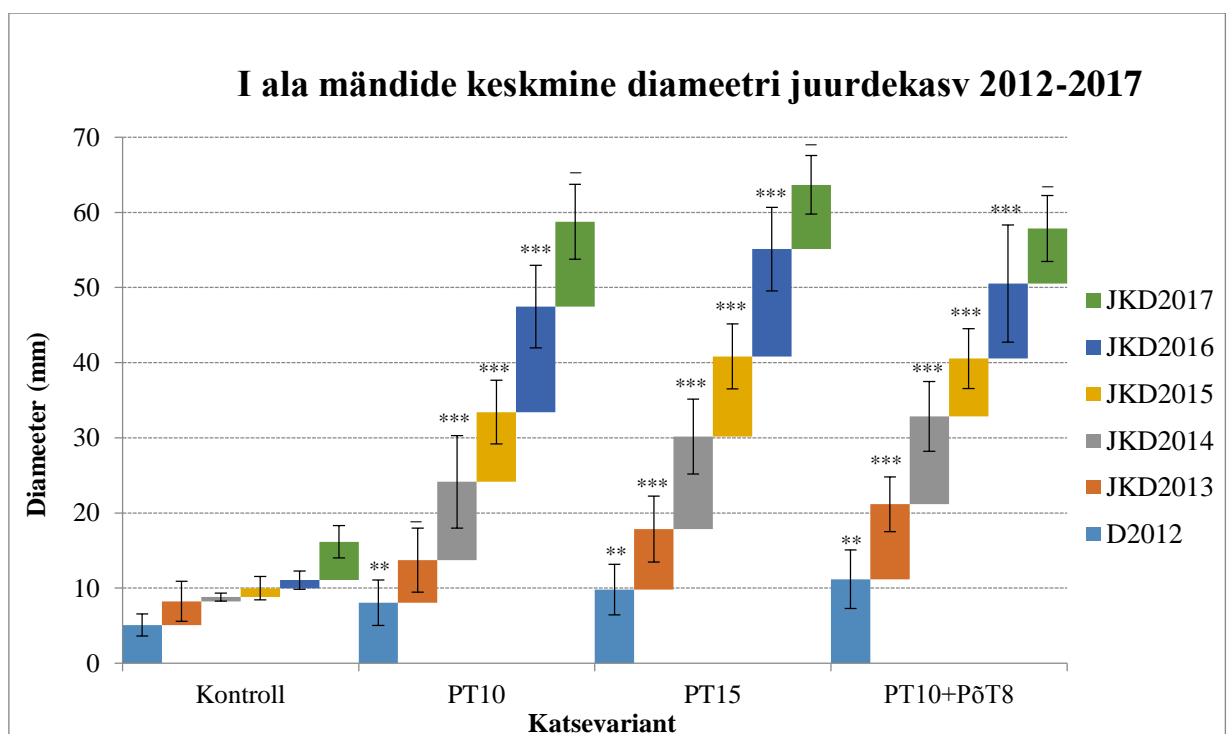
Tabel 17. Esimese katseala mändide kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

MA	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
JKH2011	4,2	3,3	5,5	5,0
σ	2,5	4,0	3,0	2,8
JKH2012	8,8	22,5	26,1	21,3
σ	2,9	11,3	8,7	6,5
JKH2013	3,7	25,9	27,3	26,8
σ	4,2	12,1	9,7	7,6
JKH2014	4,7	34,1	39,1	37,2
σ	5,7	13,2	13,3	9,2
JKH2015	1,3	36,5	43,5	29,4
σ	1,9	16,5	14,9	10,8
JKH2016	11,0	44,6	46,8	28,1
σ	10,9	13,3	18,6	17,4
JKH2017	5,0	52,1	48,4	35,0
σ	3,0	19,2	11,6	8,6

Esimese katseala mändide juurekaela diameetri aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 18 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 11. Diameetri juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 11 ja tabelis 19 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 12.

Esimesel katsealal kasvasid kõige jämedamateks katsevariandi PT15 mändid. Nende diameetri aritmeetiline keskmine oli pärast 7 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 64 mm, mis oli 3,8 korda suurem kui kontrollalal (12 mm) ning 1,1 korda suurem kui katsevariantidel PT10 (57 mm) ja PT10+PõT8 (58 mm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erines puude diameeter statistiliselt igal aastal kontrollalast ning diameetri juurdekasv ei olnud statistiliselt oluliselt suurem igal tuhaga töödeldud katsevariandil vaid 2017. aastal ja PT10 katsevariandil 2013. aastal.

PT15 katsevariandi diameetrid ei erinenud statistiliselt PT10 ja PT10+PõT8 katsevariantidest. Keskmised diameetri juurdekasvud ei erinenud statistiliselt oluliselt PT15 katsevariandil PT10 katsevariandist. PT10+PõT8 katsevariandist erines PT15 katsevariandi keskmine diameetri juurdekasv kahel aastal, olles 2015. ja 2016. aastal suurem. PT10 ja PT10+PõT8 katsevariantidel oli väetamise mõju mändide diameetritele sarnane – see oli vaid kahel esimesel mõõdetud aastal statistiliselt oluliselt suurem PT10 katsevariandil, mil keskmiste diameetrite vahe oli ligi 4 mm. Samas erines statistiliselt diameetri juurdekasv 2 aastal (2013 ja 2017), olles suurem PT10 katsevariandil.



Märkused:

1. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
2. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
3. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 11. Esimese katseala mändide juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) ± andmete standardhälbed aastatel 2013-2017 koos esimeste mõõdetud diameetri andmetega 2012. aastast katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8) koos töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

Esimesel katsealal avaldas tuhkadega väetamine hariliku männi kasvule võrreldes väetamata kontrolliga selgelt eristuvat positiivset mõju. Kõigist töötlustest puude kasvu enim mõjutavat katsevarianti statistilise erinevuse kontrolli põhjal nimetada ei saa. Mändide kasvule stimuleerivat mõju põlevkivituhha puutuhaga kokku segamine ei avaldanud.

Tabel 18. Esimese katseala mändide juurekaela diameetrite (D) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (mm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2012-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

MA	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
D2012	5,1	8,1	9,8	11,2
σ	1,5	3,0	3,4	3,9
D2013	8,3	13,7	17,8	21,2
σ	2,5	6,8	6,9	7,1
D2014	8,5	24,1	30,2	32,8
σ	2,5	12,1	11,0	10,7
D2015	9,8	33,4	41,5	40,5
σ	2,9	15,5	12,9	12,6
D2016	10,5	45,7	55,7	50,7
σ	2,9	18,2	16,9	14,7
D2017	16,9	57,0	64,3	58,0
σ	4,1	22,3	18,7	15,9

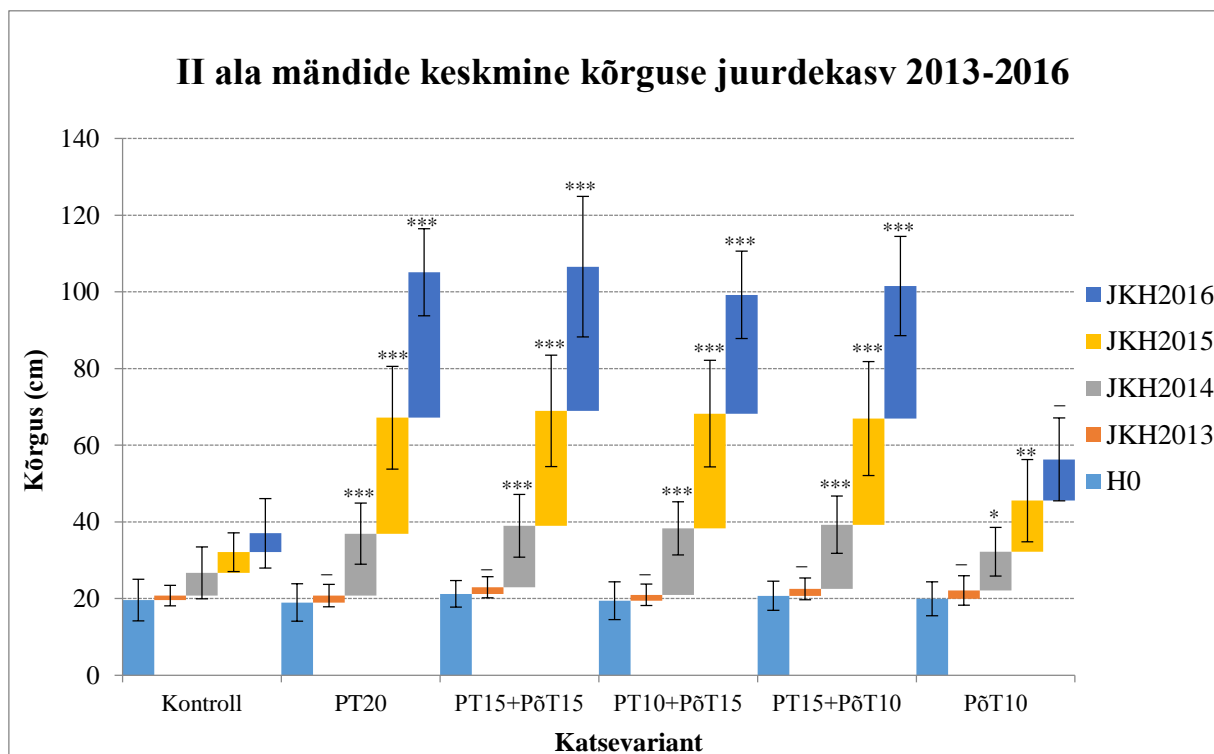
Tabel 19. Esimese katseala mändide juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

MA	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
JKD2013	3,2	5,7	8,0	10,0
σ	2,7	4,3	4,4	3,6
JKD2014	0,6	10,4	12,3	11,7
σ	0,5	6,2	5,0	4,6
JKD2015	1,2	9,3	10,7	7,7
σ	1,5	4,2	4,3	4,0
JKD2016	1,1	14,0	14,3	10,0
σ	1,2	5,5	5,6	7,8
JKD2017	5,1	11,3	8,6	7,3
σ	2,2	5,0	3,9	4,4

Teise katseala mändide kõrguse aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 20 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 13. Kõrguse juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 12 ja tabelis 21 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 14.

Teisel katsealal kasvasid kõige kõrgemateks katsevariandi PT15+PõT15 mändid, kuid neile ligilähedase kõrgusega olid ka teised segutuhkadega väetatud katsevariandid PT10+PõT15, PT15+PõT10 ja puutuhaga väetatud katsevariant PT20 ning erinevused ei olnud statistiliselt olulised. PT15+PõT15 katsevariandi puude kõrguse aritmeetiline keskmine oli pärast 4 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 106 cm, mis oli 3,2 korda suurem kui kontrollalal (33 cm) ja 1,9 korda suurem kui katsevariandil PõT10 (55 cm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erinesid puude kõrgus ja selle juurdekasv statistiliselt igal aastal kontrollalast, välja arvatud esimesel kasvuaastal, arvatavasti istutusjärgse stressi tõttu, ja PõT10 katsevariandi puhul 2016. aastal kõrguse juurdekasvu puhul. Segutuhkade ja puutuhaga töödeldud katsevariantidel olid puude kõrgus ja selle juurdekasv kõigil aastatel, välja arvatud esimesel aastal, statistiliselt oluliselt suuremad kui ainult põlevkivituhaga väetatud katsevariandil. Puutuhaga ja segutuhkadega töödeldud katsevariantidel ei erinenud puude kõrgused ja nende juurdekasvud statistiliselt oluliselt,

välja arvatud 2016. aastal, mil kõrguse juurdekasv oli PT20 katsevariandil PT10+PõT15 katsevariandist statistiliselt oluliselt suurem.



Märkused:

1. Tähis „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.
2. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
3. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
4. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
5. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 12. Teise katseala mändide kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ± andmete standardhälbed aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10) koos esimese töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

Tabel 20. Teise katseala mändide kõrguste (H) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

MA	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
H0	19,6	19,0	21,2	19,5	20,7	20,0
σ	5,4	4,9	3,5	4,9	3,8	4,4
H2013	20,7	20,8	22,9	20,4	22,2	21,0
σ	5,4	5,4	3,8	4,8	3,9	4,0
H2014	26,9	36,9	38,8	38,0	39,2	31,3
σ	6,7	8,7	6,5	7,0	7,2	6,1
H2015	31,6	67,0	68,0	67,7	66,8	44,3
σ	8,8	15,5	14,4	14,7	15,8	10,9
H2016	33,4	104,9	106,2	98,7	101,2	54,9
σ	11,3	22,9	19,1	22,4	24,2	16,6

Märkus: „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.

Tabel 21. Teise katseala mändide kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

MA	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
JKH2013	1,2	1,8	1,7	1,5	1,8	2,1
σ	2,7	2,9	2,7	2,8	2,8	3,8
JKH2014	5,9	16,1	16,0	17,3	16,7	10,1
σ	4,3	7,9	8,2	6,9	7,5	6,3
JKH2015	5,4	30,2	30,0	29,9	27,6	13,4
σ	5,1	13,4	14,5	13,9	14,9	10,7
JKH2016	4,9	38,0	37,6	31,0	34,6	10,7
σ	9,1	11,4	18,3	11,4	12,9	10,8

Teise katseala mändide diameetri aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 22 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 15. Diameetri juurdekasvude aritmeetilised

keskmised on esitatud joonisel 13 ja tabelis 23 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 16.

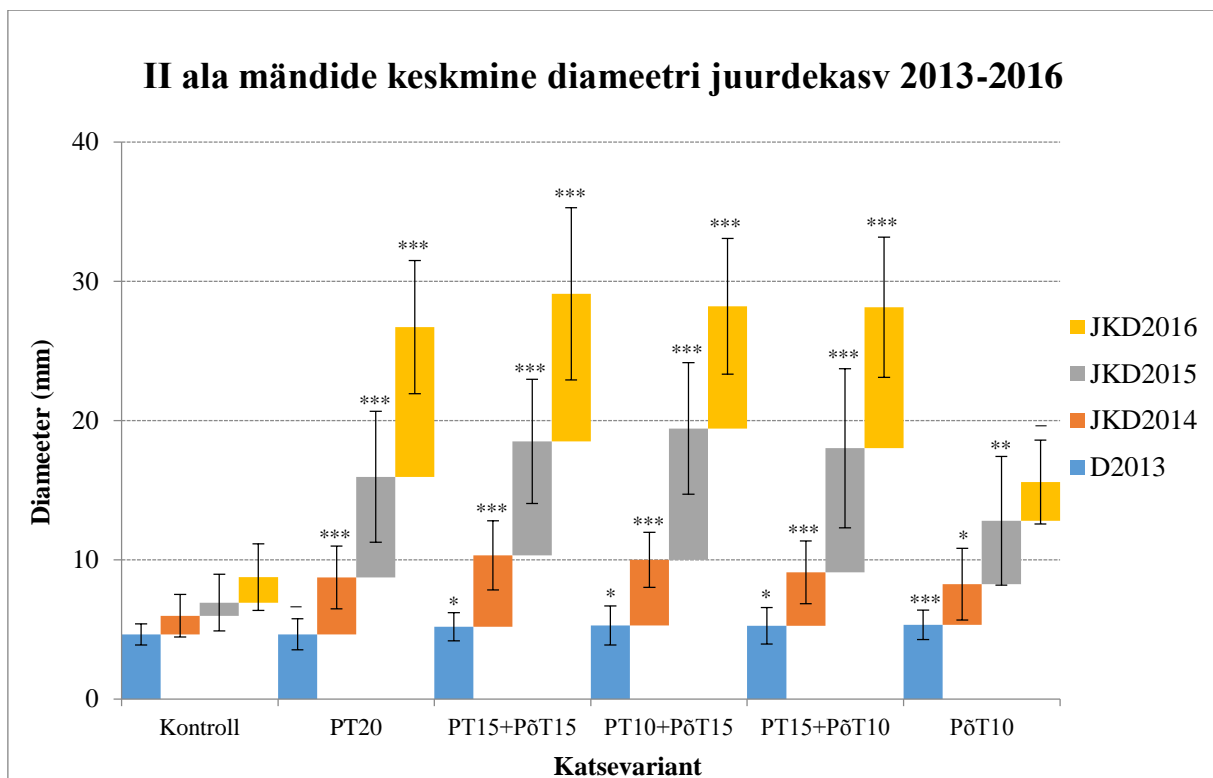
Teisel katsealal kasvasid kõige jämedamateks katsevariandi PT15+PõT15 männid, kuid neile ligilähedase juurekaela diameetriga olid ka segutuhkadega väetatud katsevariandid PT10+PõT15 ja PT15+PõT10 (erinevus oli vaid PT15+PõT10 katsevariandi puhul 2014. aastal). PT15+PõT15 katsevariandi puude diameetri aritmeetiline keskmine oli pärast 4 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 29 mm, mis oli 3,5 korda suurem kui kontrollalal (8 mm) ja 1,9 korda suurem kui katsevariandil PõT10 (16 mm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erinesid puude diameeter ja selle juurdekasv statistiliselt igal aastal kontrollalast, välja arvatud katsevariandil PT20, millel ei erinenud keskmine juurekaela diameeter kontrollalast esimesel aastal, ja katsevariandil PõT10, millel ei erinenud keskmine diameetri juurdekasv kontrollalast 2016. aastal. Segutuhkadega ja puutuhaga töödeldud katsevariantidel olid puude diameeter ja selle juurdekasv enamikel aastatel statistiliselt oluliselt suuremad kui ainult põlevkivituhaga väetatud katsevariandil.

PT20 katsevariant oli statistiliselt oluliselt väiksem keskmise diameetri puhul PT15+PõT15 ja PT10+PõT15 katsevariantidest igal aastal, välja arvatud 2016. aastal, PT15+PõT10 katsevariandist 2013 aastal. Diameetri juurdekasvu puhul oli PT20 katsevariant statistiliselt oluliselt väiksem PT15+PõT15 katsevariandist 2014. aastal ja PT10+PõT15 katsevariandist väiksem 2015. aastal. PT15+PõT15 katsevariandi puude keskmine diameeter ja selle juurdekasv ei erine statistiliselt ühelgi aastal PT10+PõT15 katsevariandi omast. PT15+PõT15 katsevariandi puude keskmine diameeter oli statistiliselt oluliselt suurem PT15+PõT10 katsevariandi omast 2014. aastal. Keskmine diameetri juurdekasv oli PT15+PõT15 katsevariandi puudel statistiliselt oluliselt suurem PT15+PõT10 katsevariandi puude omast 2014. aastal. Katsevariandi PT15+PõT10 keskmine diameeter oli statistiliselt oluliselt väiksem 2014. aastal PT10+PõT15 katsevariandi omast.

Tabel 22. Teise katseala mändide juurkaela diameetrite (D) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

MA	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
D2013	4,6	4,7	5,2	5,3	5,3	5,3
σ	0,8	1,1	1,0	1,4	1,3	1,1
D2014	5,8	8,7	10,3	10,0	9,1	8,2
σ	1,7	2,5	2,3	2,1	2,7	2,4
D2015	6,9	15,9	18,3	19,4	18,0	12,9
σ	2,7	5,2	4,9	5,1	5,4	4,7
D2016	8,4	26,4	29,1	27,6	28,0	15,7
σ	4,6	8,8	6,9	8,6	8,6	5,7

Teise katseala mändidel eristus selgelt tuhkadega väetamise parem mõju võrreldes kontrolliga ja suuremate tuhakogustena segutuhkade ja puutuha lisamise parem mõju võrreldes põlevkivituhaga väetatud katsealaga. Segutuhkade ja puutuhaga väetuskatsevariantidest selgelt parimat välja tuua ei saa, sest nende mõjud avaldusid ebamääraselt.



Märkused:

1. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
2. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
3. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
4. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 13. Teise katseala kaskede diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) ± andmete standardhälbed aastatel 2013-2016 koos esimese 2013. aastal mõõdetud diameetriga katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10) ning koos esimese tötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

Tabel 23. Teise katseala mändide juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2014-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

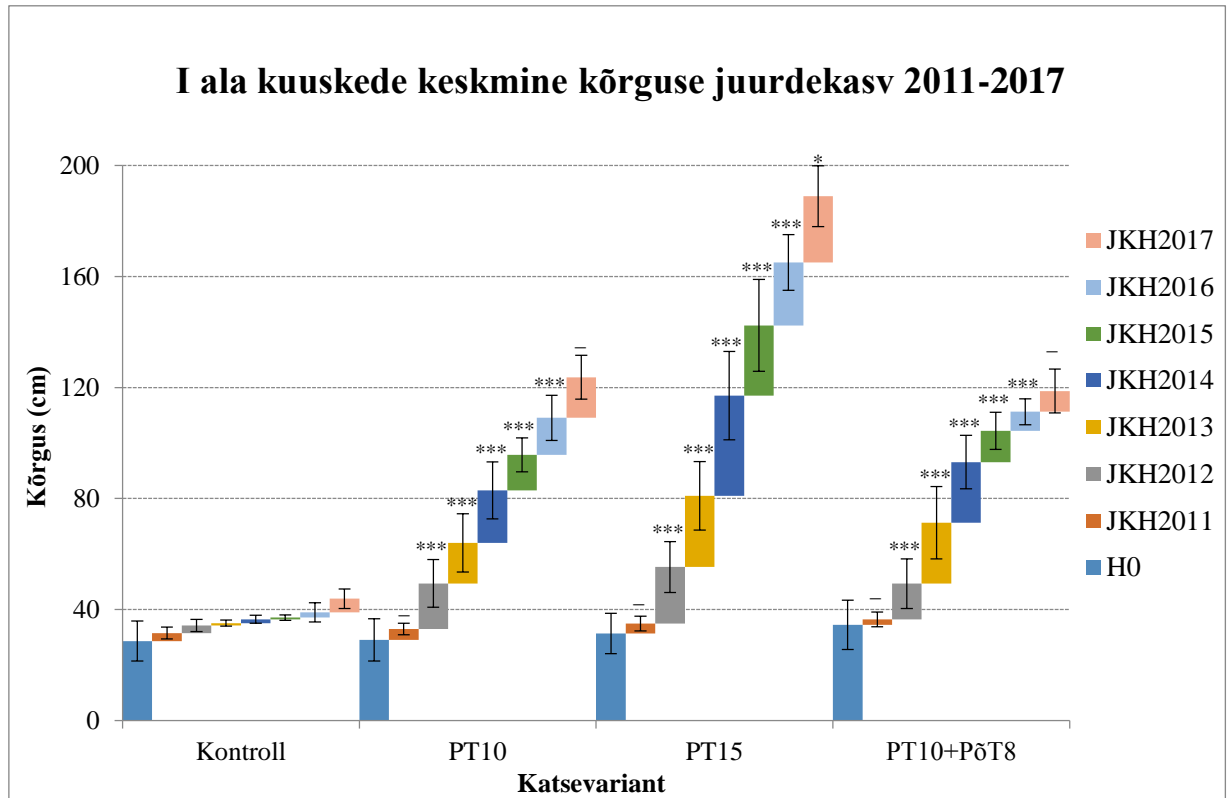
MA	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
JKD2014	1,4	4,1	5,1	4,7	3,8	2,9
σ	1,5	2,3	2,5	2,0	2,3	2,6
JKD2015	0,9	7,2	8,2	9,4	8,9	4,6
σ	2,0	4,7	4,5	4,7	5,7	4,6
JKD2016	1,8	10,7	10,6	8,8	10,1	2,8
σ	2,4	4,8	6,2	4,9	5,0	3,0

3.1.3. Harilik kuusk

Esimese katseala kuuskede kõrguse aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 24 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 17. Kõrguse juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 14 ja tabelis 25 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 18.

Esimesel katsealal kasvasid kõige kõrgemateks katsevariandi PT15 kuused. Nende kõrguse aritmeetiline keskmine oli pärast 7 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 188 cm, mis oli 3,1 korda suurem kui kontrollalal (60 cm), 1,5 korda suurem kui katsevariandil PT10 (123 cm) ning 1,6 korda suurem kui katsevariandil PT10+PõT8 (117 cm). Joonisel 15 on näidatud üht 8-aastast kuuske PT10+PõT8 katsevariandilt. Tuhaga töödeldud katsevariantidel erines puude kõrgus kontrollalast statistiliselt kõigil, välja arvatud esimesel aastal, arvatavasti põhjusel, et kuuskedel on, sarnaselt mändidega suur istutusjärgne stress. Kõrguse juurdekasvud ei erinevad statistiliselt kontrollala omast

katsevariantidel PT10 ja PT10+PõT8 2011. ja 2017. aastal ning katsevariandil PT15 2011. aastal.



Märkused:

1. Tähis „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.
2. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
3. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
4. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 14. Esimese katseala kuuskede kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ± andmete standardhälbed aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8) koos töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

Tabel 24. Esimese katseala kuuskede kõrguste (H) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

KU	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
H0	28,7	29,1	31,3	34,5
σ	7,2	7,6	7,3	8,9
H2011	31,8	32,8	35,0	36,2
σ	8,4	8,3	7,9	9,5
H2012	34,2	49,2	55,3	49,2
σ	8,4	13,3	11,3	11,1
H2013	34,7	63,1	80,2	70,7
σ	8,3	21,9	20,1	19,4
H2014	35,3	82,0	116,3	92,5
σ	8,0	28,7	25,0	26,3
H2015	35,7	94,9	141,6	103,8
σ	8,2	29,4	26,3	29,5
H2016	37,5	108,2	164,3	109,9
σ	9,6	32,3	31,0	31,6
H2017	60,3	122,8	188,2	117,4
σ	6,7	34,2	38,4	33,5

Märkus: „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.

PT15 katsevariandi kuused olid statistiliselt oluliselt kõrgemad PT10 katsevariandi omadest igal aastal, välja arvatud esimesel kahel, ning viimasel 4 mõõdetud aastal katsevariandist PT10+PõT8. PT10 ja PT10+PõT8 katsevariantidel oli väetamise mõju kuuskede kõrgusele väga sarnane – see ei erinenud statistiliselt oluliselt ühelgi aastal. Samas erines statistiliselt kõrguse juurdekasv nendel katsevariantidel 3 aastal (2011, 2016 ja 2017).

Tabel 25. Esimese katseala kuuskede kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2011-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

KU	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
JKH2011	2,8	3,9	3,6	2,0
σ	2,1	2,0	2,6	2,6
JKH2012	2,7	16,4	20,4	12,8
σ	2,2	8,6	9,1	8,9
JKH2013	0,9	14,6	25,7	22,0
σ	1,1	10,5	12,3	13,1
JKH2014	1,4	18,9	36,0	21,8
σ	1,5	10,3	15,9	9,6
JKH2015	0,6	12,9	25,3	11,3
σ	1,0	6,1	16,6	6,7
JKH2016	1,9	13,3	22,7	6,9
σ	3,4	8,1	10,1	4,7
JKH2017	4,9	14,6	23,9	7,4
σ	3,6	7,9	11,0	7,9



Joonis 15. Segutuhaga (PT10+PõT8) väetatud 8-aastane kuusk. (Foto K. Ots)

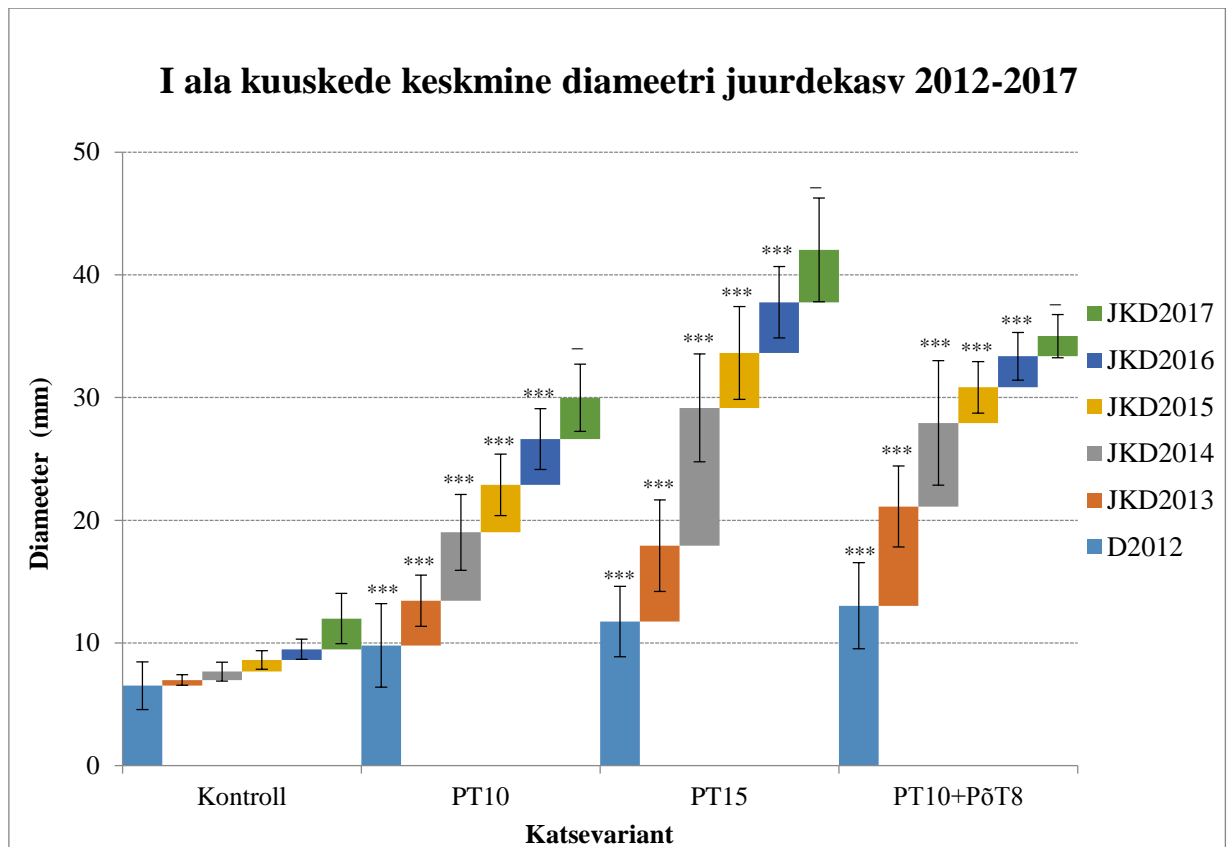
Esimese katseala kuuskede juurekaela diameetri aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 26 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 19. Diameetri juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 16 ja tabelis 27 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 20.

Esimesel katsealal kasvasid kõige jämedamateks katsevariandi PT15 kuused. Nende diameetri aritmeetiline keskmine oli pärast 7 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 42 mm, mis oli 2,7 korda suurem kui kontrollalal (16 mm), 1,4 korda suurem kui katsevariandil PT10 (30 mm) ja 1,2 korda suurem kui katsevaidil PT10+PõT8 (35 mm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erines puude diameeter statistiliselt igal aastal kontrollalast, välja arvatud katsevariandil PT10 2017. aastal, ning diameetri juurdekasv ei

olnud statistiliselt oluliselt suurem igal tuhaga töödeldud katsevariandil, välja arvatud 2017. aastal.

PT15 katsevariandi diameetrid olid statistiliselt oluliselt suuremad PT10 katsevariandist igal aastal ning erinesid PT10+PõT8 katsevariandist pooltel aastatel, olles 2014., 2016. ja 2017. aastal suurem. Keskmised diameetri juurdekasvud olid statistiliselt oluliselt suuremad PT15 katsevariandil PT10 katsevariandist kahel aastal (2013 ja 2014). PT10+PõT8 katsevariandist erines PT15 katsevariandi keskmine diameetri juurdekasv 2 aastal, olles 2014. ja 2017. aastal suurem. PT10 ja PT10+PõT8 katsevariantidel oli väetamise mõju kuuskede diameetrile, vastupidiselt teistele puuliikidele, erinev – statistilist erinevust ei tuvastatud vaid 2017. aastal. Kuid diameetri juurdekasv ei erinenud kolmel aastal (2014-2016).

Esimesel katsealal avaldas tuhkadega väetamine hariliku kuuse kasvule võrreldes väetamata kontrolliga selgelt positiivset mõju. Parimaks katsevariandiks osutus PT15. Põlevkivituha puutuhaga kokku segamine avaldas positiivset mõju kuuskede diameetri suurenemisele võrreldes sama puutuha kogusega, kuid ilma põlevkivituhata väetatud katsevariandiga.



Märkused:

1. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
2. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 16. Esimese katseala kuuskede juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) \pm andmete standardhälbed aastatel 2013-2017 koos esimeste mõõdetud diameetri andmetega 2012. aastast katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8) koos töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

Tabel 26. Esimese katseala kuuskede juurekaela diameetrite (D) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (mm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2012-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

KU	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
D2012	6,5	9,8	11,8	13,0
σ	1,9	3,4	2,9	3,5
D2013	6,8	13,4	17,9	21,1
σ	1,6	4,6	5,5	5,6
D2014	7,4	19,0	29,2	27,9
σ	1,6	6,7	7,5	8,2
D2015	8,4	22,9	33,6	30,8
σ	1,5	7,6	7,4	8,0
D2016	9,3	26,6	37,8	32,9
σ	1,9	8,2	8,6	7,5
D2017	15,8	30,0	42,0	34,5
σ	3,1	8,9	10,0	7,3

Tabel 27. Esimese katseala kuuskede juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2017 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 10 t/ha (PT10), Puutuhk 15 t/ha (PT15) ja Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha (PT10+PõT8)

KU	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
JKD2013	0,5	3,6	6,2	8,1
σ	0,4	2,1	3,7	3,3
JKD2014	0,7	5,6	11,2	6,8
σ	0,8	3,1	4,4	5,1
JKD2015	0,9	3,9	4,5	2,9
σ	0,8	2,5	3,8	2,1
JKD2016	0,9	3,7	4,1	2,5
σ	0,8	2,5	2,9	1,9
JKD2017	2,5	3,4	4,3	1,6
σ	2,0	2,7	4,2	1,8

Teise katseala kuuskede kõrguse aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 28 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisa 21. Kõrguse juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 17 ja tabelis 29 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisa 22.

Teisel katsealal kasvasid kõige kõrgemateks katsevariandi PT20 kuused, kuid segutuhkadega väetatud katsevariantidel ei erinenud kõrgus **1 võrra rohkem kui pooltel juhtudel** oluliselt sellest katsevariandist. PT20 katsevariandi puude kõrguse aritmeetiline keskmine oli pärast 4 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 95 cm, mis oli 2,1 korda suurem kui kontrollalal (46 cm) ja 1,5 korda suurem kui katsevariandil PõT10 (62 cm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erinesid puude kõrgus ja selle juurdekasv statistiliselt enamikel aastatel kontrollalast, välja arvatud esimesel kasvuaastal, mida põhjustas arvatavasti istutusjärgne stress. Segutuhkade ja puutuhaga töödeldud katsevariantidel olid puude kõrgus ja selle juurdekasv enamikel juhtudel statistiliselt oluliselt suuremad kui ainult põlevkivituhaga väetatud katsevariandil (erandina olid katsevariandi PT20 puude kõrgused esimesel aastal statistiliselt oluliselt väiksemad). PT15+PõT15 katsevariandi puude kõrgus ja selle juurdekasv ei erinenud statistiliselt PT15+PõT10 ja PT10+PõT15 katsevariantide omadest mitte ühelgi aastal.

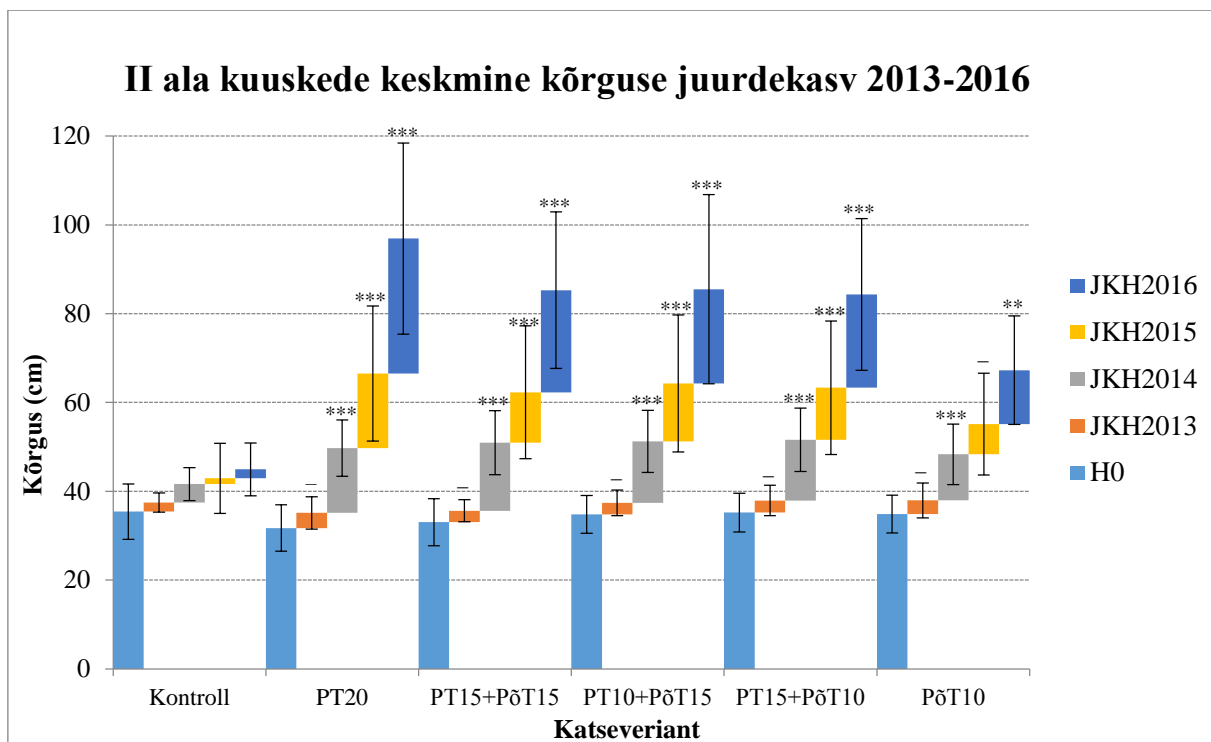
Tabel 28. Teise katseala kuuskede kõrguste (H) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
H0	35,4	31,7	33,0	34,8	35,2	34,9
σ	6,2	5,2	5,3	4,2	4,4	4,3
H2013	37,5	34,6	35,3	37,1	37,1	37,6
σ	6,0	6,0	5,6	4,0	4,1	4,2
H2014	41,6	49,0	50,3	50,7	50,3	47,6
σ	6,7	8,6	7,2	6,4	6,8	7,0
H2015	43,7	65,8	61,6	63,7	62,0	54,1
σ	7,3	16,2	15,0	14,3	15,3	10,7
H2016	46,3	94,7	84,9	84,7	82,3	62,3
σ	5,8	16,2	17,5	17,4	16,2	9,5

Märkus: „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.

Tabel 29. Teise katseala kuuskede kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

KU	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
JKH2013	2,1	3,4	2,6	2,6	2,7	3,1
σ	2,2	3,7	2,5	2,9	3,4	3,9
JKH2014	4,2	14,6	15,4	13,9	13,7	10,4
σ	3,7	6,4	7,2	7,0	7,1	6,8
JKH2015	1,3	16,8	11,3	13,0	11,7	6,8
σ	7,9	15,2	15,0	15,4	15,0	11,5
JKH2016	2,0	30,4	23,0	21,2	21,0	12,1
σ	5,9	21,5	17,6	21,3	17,1	12,2



Märkused:

1. Tähis „H0“ tähendab istutamisjärgset algkõrgust kasvuperioodi alguses.
2. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
3. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,01.
4. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,001.

Joonis 17. Teise katseala kuuskede kõrguse juurdekasvude (JKH) aritmeetilised keskmised (cm) ± andmete standardhälbed aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10) koos esimese töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

Teise katseala kuuskede diameetri aritmeetilised keskmised ja andmete standardhälbed on aastate lõikes ja katsevariantide kaupa esitatud tabelis 30 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 23. Diameetri juurdekasvude aritmeetilised keskmised on esitatud joonisel 18 ja tabelis 31 ning katsevariantide statistilise erinevuse kontrolli tulemused on esitatud lisas 24.

Tabel 30. Teise katseala kuuskede juurekaela diameetrite (D) mõõtmisandmete aritmeetilised keskmised (cm) ja mõõtmisandmete standardhälbed (σ) aastatel 2013-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
D2013	5,3	5,2	5,6	6,0	5,4	5,7
σ	0,8	0,8	1,0	1,0	1,1	1,0
D2014	5,7	8,6	8,2	8,6	8,2	9,2
σ	1,0	1,3	1,4	1,4	1,7	1,6
D2015	6,1	13,7	13,1	14,7	13,3	12,9
σ	0,9	3,0	2,8	2,7	2,7	2,1
D2016	7,2	20,7	23,0	20,3	17,7	17,1
σ	1,0	4,8	17,6	3,7	3,0	3,4

Tabel 31. Teise katseala kuuskede juurekaela diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) ja andmete standardhälbed (σ) aastatel 2014-2016 katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10)

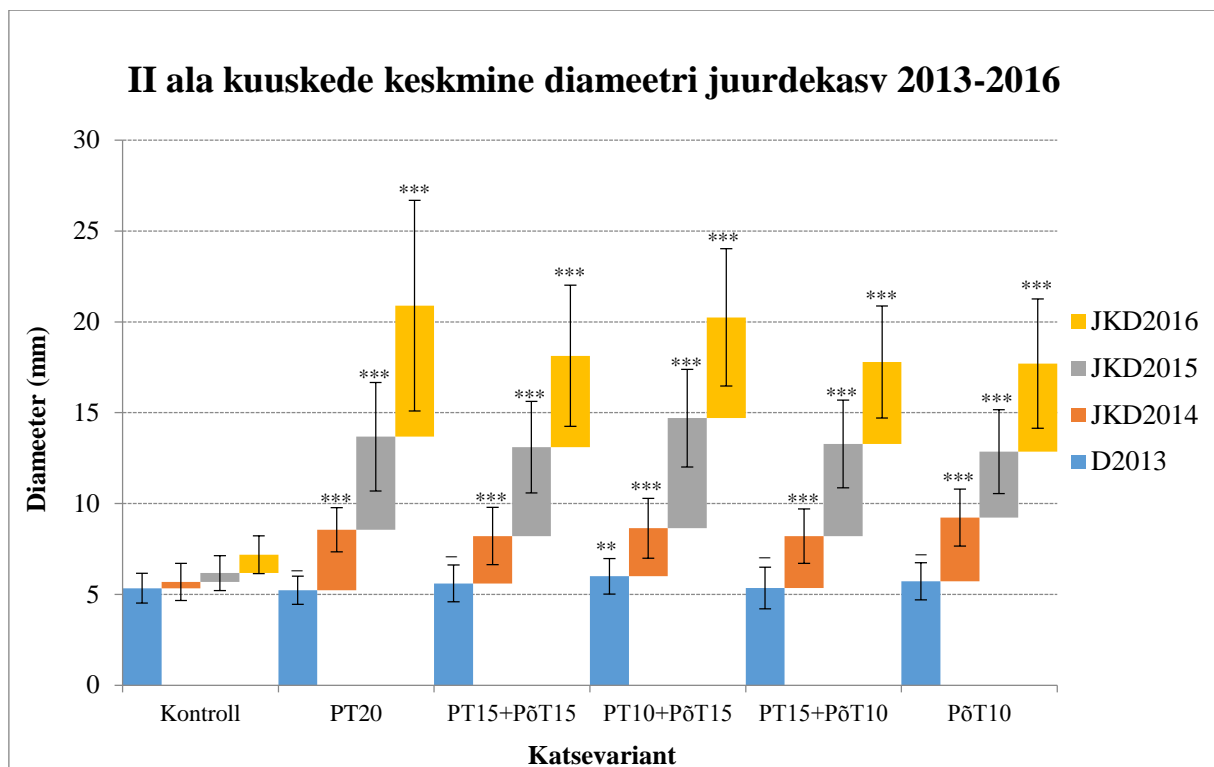
KU	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
JKD2014	0,3	3,3	2,6	2,6	2,9	3,5
σ	1,0	1,2	1,6	1,6	1,5	1,6
JKD2015	0,5	5,1	4,9	6,1	5,1	3,6
σ	1,0	3,0	2,5	2,7	2,4	2,3
JKD2016	1,0	7,2	5,0	5,5	4,5	4,8
σ	1,0	5,8	3,9	3,8	3,1	3,6

Teisel katsealal kasvasid kõige jämedamateks katsevariandi PT15+PõT15 kuused, kuid teistel segutuhkadega väetatud ja puutuhaga väetatud katsevariantidel ei erinenud nende juurekaela keskmine diameeter enamasti statistiliselt oluliselt sellest katsevariandist. PT15+PõT15 katsevariandi puude diameetri aritmeetiline keskmine oli pärast 4 kasvuaasta möödumist katseala rajamisest 23 mm, mis oli 3,2 korda suurem kui kontrollalal (7 mm) ja 1,3 korda suurem kui katsevariandil PõT10 (17 mm). Tuhaga töödeldud katsevariantidel erinesid puude diameeter ja selle juurdekasv statistiliselt igal aastal kontrollalast, välja

arvatud esimesel mõõtmisaastal katsevariantidel PT15+PõT15, PT15+PõT10, PT20 ja PõT10, millel ei erinenud keskmine juurekaela diameeter kontrollalast. Segutuhkadega ja puutuhaga töödeldud katsevariantidel olid puude diameeter ja selle juurdekasv ainult põlevkivituhaga töödeldud katsealaga võrreldes enamikel aastatel statistiliselt erinevad, kuid esimesel kahel kasvuaastal andis hoopis ainult põlevkivituhaga väetatud ala teistest paremaid tulemusi.

PT15+PõT15 katsevariandi keskmine diameeter ja selle juurdekasv ei erinenud ühelgi aastal statistiliselt usutavalt PT15+PõT10 katsevariandist. PT10+PõT15 katsevariandi keskmine diameeter oli igal, välja arvatud 2014. aastal, statistiliselt oluliselt suurem PT15+PõT10 katsevariandi omast, kuid diameetri juurdekasv polnud statistiliselt oluliselt erinev ühelgi aastal.

Kuigi tuhkadega väetamise positiivne mõju tuli teisel katsealal kuuskedel selgelt välja ja mõnevõrra tagasihoidlikumalt ka suuremate segutuha ja puutuha koguste parem mõju, avaldus erinevate tuhakombinatsioonidega väetamise mõju kuusele kõige ebamäärasemalt ja selgelt parimat katsevarianti ei selgunud. Ligilähedaselt sarnaselt hea stimuleeriv mõju kuuskede diameetrile oli põlevkivituhaga 10 t/ha väetamisel teiste tuhkadega väetamise variantidega võrreldes.



Märkused:

1. Tähis „–“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
2. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
3. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Joonis 18. Teise katseala kuuskede diameetri juurdekasvude (JKD) aritmeetilised keskmised (mm) \pm andmete standardhälbed aastatel 2013-2016 koos esimese 2013. aastal mõõdetud diameetriga katsevariantidel Kontroll, Puutuhk 20 t/ha (PT20), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT15+PõT15), Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha (PT10+PõT15), Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha (PT15+PõT10) ja Põlevkivituhk 10 t/ha (PõT10) ning koos esimese töötluste statistilise erinevusega, võrreldes Kontroll variandiga.

4. ARUTELU

Puutuhaga puude väetamist on uuritud paljudes teistes uurimustes. Pärn *et al.* (2009) uurisid puutuhaga väetamise mõju arukasele kahel kasvuaastal peale katse rajamist lavassaare rabaturbal pottides kasvatatult. Katsetati puude väetamist puutuhaga koguses 2,5 t/ha, 5 t/ha ja 10 t/ha, kuid statistiliselt olulist mõju nende keskmisele kõrgusele kontrolliga võrreldes, erinevalt Puhatu katsetega, need ei andnud. Küll aga tuvastati oluline mõju puude keskmisele juurekaela diameetrile, kusjuures kõige suurem puutuhakogus omas ülejäänutest veidi väiksemat mõju. Kolmeaastastel taimedel aga suurenes kontrollala puude diameeter puutuhaga väetatutega ligikaudu samale tasemele, milleks oli 1,2 cm. Puhatus saavutasid arukased sama vanalt põlevkivituhaga 10 t/ha väetuskatsevariandil juurekaela diameetriks 1,3 cm ning esimesel katsealal puutuhaga 10 t/ha 1,9 cm. Pärn *et al.* (2009) said suurimaks arukaskede keskmiseks kõrguseks 112 cm, Puhatus oli PõT10 katsevariandil kõrguseks 123 cm ja PT10 katsevariandil 137 cm. Järelikult saavutati Puhatus kaskede kasvule paremad tingimused.

Kesk-Soomes keskmiselt toitaineterikkas puudeta kuivendatud rabas, rajati 1947. aastal väetuskatse puutuhaga 8 t/ha ja 16 t/ha. Seitse aastat hiljem oli sinna tekkinud suurearvuline hariliku männi ja sookase looduslik uuendus (14 000-18 500 tk/ha) ning puude kõrgus oli 3-3,5 m (Lukkala 1955 ref Moilanen *et al.* 2002: 323). Puhatu esimesel katsealal saavutasid, tõsi küll, arukased 7-aastased arukased puutuhaga 15 t/ha väetatult keskmiseks kõrguseks 360 cm, mis oli eelnimetatud katsealaga sarnane. 7-aastaste mändide kõrguseks oli aga Puhatus PT15 katsevariandil 154 cm ligi 2 korda väiksem. Võib-olla oli see tingitud erinevatest puutuha toitainetesisaldusest, kuivendatud raba sobivamast mikrokliimast või et äkki oleks andnud Puhatusse männi külvamine paremaid tulemusi.

Võrreldes Puhatus esimesel katsealal saadud männi- ja kuusekultuuride kõrgusi mõnede mineraalmaale neile parimatesse metsakasvukohatüüpidesse rajatud väetamata kultuuride kõrgusandmetega (Jäärats, Tullus 2018) selgub, et ammendatud freesturbaväljal on

võimalik tuhkadega väetamisel saada sama häid või paremaidki tulemusi. Mändide kõrgused olid seitse aastat pärast kultuuri rajamist mineraalmaal kasvanutega võrreldes ligilähedased PT10+PõT8 katsevariandil ning suuremad PT10 ja PT15 katsevariantidel. Kuuskedest ületasid veidi mineraalmaal kasvanute kõrgusi PT15 katsevariandi puud. Ülejäänud kahel väetuskatsevaraindil oli kuused kõrgemad ainult kõige madalamast mineraalmaast kultuurist. Nii hea mändide kasv jääksoodel ei pruugi olla soovitud metsatööstuse poolt, sest väga viljakates kasvukohtades kasvanud laiade aastarõngastega männipuit ei ole oma tehniliste omaduste poolest nii hea kui vähemviljakatel kasvukohtadel kasvanutel.

Jääksode tuhaga väetamine soodustab turbapinnale alustaimestiku teket, mis aitab kaasa toitaineteringluse tekkele, vähendab toitainete leostumist ja on eelduseks jätkusuutliku puistu rajamiseks jääksoodel (Huotari *et al.* 2011). Joonisel 3 on hästi näha väetusala 3 kuud peale väetamist, mil oli juba väga hästi näha alustaimestiku teke. Huotari *et al.* (2009) leidsid alustaimestikul on väga suur roll metsastatud ja tuhaga väetatud ammendatud freesturbavälja süsinikubilansile kultuuri varajases staadiumis. Neli aastat pärast sookase külvikultuuri rajamist leidsid nad, et alustaimestiku biomass ületas sookase seemikute biomassi kaks korda. Seega aitab alustaimestiku teket soodustav tuhkadega väetamine ammendatud freesturbavälja negatiivset süsinikubilanssi kahandada.

Igal väetuskatsevariandil avaldus tuhkadega väetamisel puude kasvule positiivne mõju. Kontrollist eristusid tavaliselt uuritud suuruste poolest kõik väetuskatsevariandid, välja arvatud mõnedel juhtudel. Kui väetatud arukaskedel hoogustus kõrguse juurdekasv juba katse rajamise aastal, siis okaspuudel tekkis arvatavasti istutusjärgne stress, mistõttu jäid neil esimese kasvuperioodi juurdekasvud kontrolliga võrreldes ligilähedasteks.

Esimesel katsealal ei avaldanud kaskede kasvule mõju põlevkivituha puutuhaga kokku segamine, võrreldes sama puutuhaga kogusega, kuid ilma põlevkivituha väetatud katsevariandiga. Kuuskedel andis põlevkivituha lisamine esimestel aastatel positiivse efekti puude keskmistele juurekaeladiameetritele, kuid viimastel aastatel olid diameetri juurdekasvud seal hoopis väiksemad. Kokkuvõttes oli segutuhaga väetatud katsevariant siiski veel uuritud perioodi lõpus suuremate diameetritega. Mändidel avaldus peaaegu kogu uuritud perioodi vältel segutuhaga positiivne mõju keskmisele diameetri juurdekasvule, kuid 2017. aastaks said nendel katsevariantidel diameetrid ligilähedased samadeks. Kuuskede ja mändide kõrgusele põlevkivituha lisamine mõju ei avaldanud.

Teisel katsealal jäi suuremate tuhakogustega väetatud kolmest paremast veidi maha PT15+PõT15 variant, kuhu oli kokku kõige suurem tuhakogus lisatud. Võib-olla oli lisatud tuhka seal kaskede jaoks liiga palju. Kaskedel ja kuuskedel osutus kõige paremaks väetusvariandiks segamata puutuhk 20 t/ha. Männid kasvasid kõigil neljal suuremate tuhakogustega väetatud katsevariantidel ligilähedaselt sama hästi. Nii teisel kui esimesel katsealal prima katsevariandi mittekujunemise põhjuseks võib olla hariliku männi väga lai ökoloogiline amplituud ehk geenidest tingitud võime kasvada väga erinevates kasvukohtades.

Kõige paremini eristus ainult põlevkivituhaga ja teistest summaarselt kahe või enama kordselt väiksema tuhakogusega väetatud katsevariant kaskede ja mändide puhul suuremate tuhakogustega väetuskatsevariantidest, andes väiksema positiivse mõju väetamata puudega võrreldes. Kuuskede kõrgusele oli aga PõT10 katsevariandil suhteliselt tugevam mõju ning diameetrile ligilähedane suuremate tuhakogustega väetatud katsevariantidele.

Lähtudes esimesel ja teisel katsealal saadud tulemustest võib järeldada, et põlevkivituhha kasutamine jääksoodel kuusekultuuride väetamiseks omab rohkem perspektiivi kui männi- ja kasekultuuridel ning edasiste uurimuste ja katsete tähelepanu võiks olla enam suunatud just selle mõjule kuuskedele.

Kuigi okaspuud eelistavad kasvada happelistel muldadel, põhjustades ka ise oma okkavarisega muldade hapestumist, on need kasvanud Puhatus pigem paremini väetuskatsevariantidel, mis on saanud suuremad tuhaannused ja mille toimetel on tõstetud mullareaktsiooni kõige rohkem. See näitab, et mulla toitainete sisaldus on puude kasvu mõjutajana olulisemaks teguriks kui mullareaktsioon.

Paremaid tulemusi segutuhaga, võrreldes puutuhaga, võis teisel katsealal võrreldes esimese katsealaga põhjustada see, et seal otsustati kasutada põlevkivituhka, mille toitainete sisaldus sobis kõige paremini jääkturba toitainete sisaldusega. Samas oli teine katseala rajatud esimeselt pilootkatsealalt saadud positiivseid tulemusi arvesse võttes. Kuigi käesolevas töös mändide ja kaskede kasvukiiruse suurendamisele põlevkivituhha puutuhale lisamine olulist mõju ei avaldanud, ei olnud sellel ka kindlat negatiivset mõju. Need mõjud võivad aga selguda tulevikus ning praegu ei ole midagi muud kui töömahtu silmas pidades põhjust põlevkivituhha segamist puutuhaga mändide ja kaskede väetamiseks mittesoovitada.

Harilik kuusk oli Puhatu mõlemal katsealal kõige aeglasema kasvuga puuliik. Sellest kiirema kasvuga oli harilik mänd ning kõige kiirema kasvuga oli arukask. Samamoodi kasvavad need puuliigid noores eas tavaliselt ka looduslikes tingimustes. Arukaske on soovitatud tänu selle kiirele väetamisjärgsele kasvule, vähemale nõudlikkusele toitainebilansi suhtes ja pikemale raieringile võrreldes pajudega, kasutada jääksool biomassi tootmiseks (Hytönen, Aro 2012).

Eestis Tartumaal Ulila jääksoos rajatud metsastamise katsealadel on saavutatud isegi suuremaid puude juurdekasve kui Puhatus. Arvatavaks põhjuseks on, et kuigi sealne turvas on toitainetevaesem, on sealne veeržiim puudele sobivam, sest rajatud drenaažisüsteemid on töökorras. (Jääksoode turba... 2012)

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö „Puu- ja põlevkivituha mõju puude kasvule Puhatu ammendatud freesturbaväljal“ eesmärgiks oli puu- ja põlevkivituha mõju uurimine arukase (*Betula pendula* Roth.), hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) ja hariliku kuuse (*Picea abies* (L.) H. Karst.) kasvule Puhatu ammendatud freesturbavälja metsastamisel. Kokku uuriti kahel katsealal kaheksa väetuskatsevariandi mõju eelnimetatud kolme puuliigi kõrgusele, diameetrile ning nende juurdekasvule. Töös anti mõnedel sellega seotud teemadel ülevaade kirjandusest, taustainfo katsealade kohta, avaldati katsealadel saadud tulemused, analüüsiti neid statistilisele analüüsile tuginedes ning arutleti nende üle. Ühelt katsealalt on analüüsitud arukase, hariliku männi ja hariliku kuuse kõrguse ja diameetri andmeid 2011.-2017. aastast ning teiselt katsealalt 2013.-2016. aastast.

Tuhkadega väetamise positiivne mõju tuli välja kõigi väetuskatsevariantide puhul. Kaskedele ja mändidele ei tekitanud puutuha segamine põlevkivituha hulka olulist mõju. Küll aga oli mõju märgatav kuuskede puhul. Teisel katsealal andis 10 t/ha põlevkivituhaga väetatud katseala keskmise juurekaela diameetri puhul samaväärse tulemuse kaks või enam korda suuremate puu- ja segutuhkadega võrreldes. Seetõttu annab see töö edaspidist põhjust pigem kuusele põlevkivituhaga väetamise uurimisele. Esimesel katsealal oli võimalik välja tuua tugevaima mõjuga kaskede ja kuuskede kasvule katsevariandi Puutuhk 15 t/ha ning teiselt katsealalt Puutuhk 20 t/ha. Mändide puhul ei eristunud selgelt parimaid katsevariante kummalgi katsealal. Maksimaalsed saavutatavad keskmised kõrgused esimesel katsealal olid kaskedel seitse aastat pärast katseala rajamist 415 cm, mändidel 249 cm ja kuuskedel 188 cm. Teisel katsealal olid nendeks neli aastat pärast katseala rajamist kaskedel 288 cm, mändidel 106 cm ja kuuskedel 95 cm.

Töö tulemused kinnitavad, et ammendatud freesturbaväljade metsastamisel on tuhkade abil puude kasvukiiruse stimuleerimine perspektiivikas ning seda tehes oleks mõistlik kaasa aidata puutuha prügilatesse ja põlevkivituha tuhaväljadele ladestamise vähendamisele.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Allikvee, H., Masing, V.** (1988). Eesti soode valdkonnad. Kesk- ja Ida-Eesti suurte soode valdkond. – *Eesti sood*. /Koost. U. Valk. Tallinn: Valgus, lk 270-273.
2. **Arshad, M.A., Soon, Y.K., Azooz, R.H., Lupwayi, N.Z., Chang S.X.** (2012). Soil and Crop Response to Wood Ash and Lime Application in Acidic Soils. – *Agronomy Journal* Vol. 104, pp. 715-721. [on-line] ResearchGate
https://www.researchgate.net/profile/Scott_Chang4/publication/274247266_Soil_and_Crop_Response_to_Wood_Ash_and_Lime_Application_in_Acidic_Soils/links/56f151bf08ae5c367d4aa258.pdf (10.05.2017).
3. Ashes in Sweden 2010. (2010). Svenska EnergiAskor, 14 pp. [on-line] The Internet Archive
<https://web.archive.org/web/20170212080630/http://energiaskor.se/pdf-dokument/Ashes%20in%20Sweden%202012.pdf> (17.05.2017).
4. * **Baziramakenga, R.** (2003). « Disponibilité du phosphore des biosolides et cendres de papetières. Agrosol, octobre 2003. Vol. 14, no.1, p. 4-14, viidatud: **Hérbert, M., Breton, B.** (2009). Agricultural wood ash recycling in Québec and in Northern climates: current situation, impacts and agri-environmental practices. – *5th Canadian Residuals and Biosolids Conference*, Niagara Falls, Ontario, 34 pp. [on-line] Water Environment Association of Ontario
<https://weao.memberclicks.net/assets/docs/residualsBiosolids/2009-5th-canadian-residuals-and-biosolids-presentation.pdf> (10.05.2017), lk 20 vahendusel.
5. **Bellemare, M., Lapointe, L., Chiasson, G., Daigle, J-Y., Rochefort, L.** (2009). Conditions favouring survival of cloudberry (*Rubus chamaemorus*) rhizomes planted in cutover peatland. – *Mires and Peat*. Vol. 5, No. 7 [e-journal]
http://pixelrauschen.de/wbmp/media/map05/map_05_07.pdf (17.03.2017).
6. **Bougnom, B.P., Niederkofler, C., Knapp, B.A., Stimpfl, E., Insam, H.** (2012). Residues from renewable energy production: Their value for fertilizing pastures. – *Biomass and Bioenergy*. Vol. 39, pp. 290-295. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0961953412000189/1-s2.0-S0961953412000189-main.pdf?_tid=e2962ee4-354b-11e7-83f5-00000aacb35e&acdnat=1494398749_ef9ef88d543376034509738d2df67ecc (10.05.2017).
7. * **Bundt, M., Krauss, M., Blaser, P., Wilcke, W.** (2001). Forest fertilization with wood ash: effect on the distribution and storage of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs). – *Journal of Environmental Quality*. Vol. 30, pp. 1296-

- 1304, viidatud: **Pitk, P., Raave, H., Ots, K.** (2016). Puidutuha väärindamise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksväetisena põllumajanduses ja metsanduses, 103 lk [on-line] SA Keskkonnainvesteeringute Keskus
(https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/kik_10053_aruanne-05.07.16.pdf)
(06.05.2017), lk 15-16 vahendusel.
8. **Bussi res, J., Boudreau, S., Cl ment-Mathieu, G., Dansereau, B., Rochefort, L.** (2008). Growing Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) in Cut-over Peatlands. – *HortScience*. Vol. 43, No. 2, pp. 494-499 [on-line] American Society for Horticultural Science
<http://hortsci.ashspublishings.org/content/43/2/494.full.pdf> (17.03.2017).
9. * **B   th, E., Frosteg rd,  ., Pennanen, T., Fritze, H.** (1995). Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood-ash fertilized, clear-cut or burned coniferous forest soils. – *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 27, pp. 229-240, viidatud: **Pitk, P., Raave, H., Ots, K.** (2016). Puidutuha väärindamise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksväetisena põllumajanduses ja metsanduses, 103 lk [on-line] SA Keskkonnainvesteeringute Keskus
https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/kik_10053_aruanne-05.07.16.pdf (06.05.2017), lk 23 vahendusel.
10. * **Caffrey, J.**, 1998. A new fishing resource for the Midlands. pp. 28-33 in Tom Egan (Conf. Coord.), 1998. The future use of cutaway bogs. Lough Boora Parklands. Cutaway Bogs Conference, 1998. Brosna Press Ltd., Ferbane, Co. Offaly, Ireland, viidatud: **Leupold, S.** (2004). After use of cutaway peatlands – an overview of options and management planning, 63 pp. [on-line] Peatland Ecology Research Group http://www.gret-perg.ulaval.ca/fileadmin/fichiers/fichiersGRET/pdf/Doc_generale/Stencil108.pdf (02.04.2018), lk 37 vahendusel.
11. **Chirenje, T., Ma, L.Q.** (2002). Impact of high-volume wood-fired boiler ash amendment on soil properties and nutrients. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. Vol. 33, pp. 1-7. [on-line] Informa UK Limited <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1081/CSS-120002373?needAccess=true> (10.05.2017).
12. Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030. (2007). Keskkonnaministeerium, 60 lk. [on-line] Keskkonnaagentuur www.keskkonnainfo.ee/failid/viited/strateegia30.pdf (20.05.2019).
13. Element concentrations in ash. (andmed uuendatud 08.05.2017). – *Wood Ash Database. Wood for Energy*. Swedish University of Agricultural Sciences. <http://woodash.slu.se/eng/stats.cfm> (30.05.2019).
14. **Emilsson, S.** (2006). International handbook from extraction of forest fuels to ash recycling, 48 pp. [on-line] European Commission
http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=Recash_International_Handbook_Final2006_EN.pdf (06.05.2017).

15. **Enell, A., Fuhrman, F., Lundin, L., Thelin, G.** (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in ash: determination of total and leachable concentrations. – *Environmental Pollution* Vol. 152, pp. 285-292. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0269749107003338/1-s2.0-S0269749107003338-main.pdf?_tid=f9a1d58a-34af-11e7-87ab-00000aab0f6b&acdnat=1494331787_969efd349c5c41371eb4027a7e77cb92 (09.05.2017)
16. * **Envir-Eau.** (2003). Entreposage hivernal de cendres en champ. Impacts sur les eaux de surface (printemps 2002 et 2003). Préparé pour Les Produits B.C.C. inc. 29 p. + Annedex, viidatud: **Hérbert, M., Breton, B.** (2009). Agricultural wood ash recycling in Québec and in Northern climates: current situation, impacts and agri-environmental practices. – *5th Canadian Residuals and Biosolids Conference*, Niagara Falls, Ontario, 34 pp. [on-line] Water Environment Association of Ontario <https://weao.memberclicks.net/assets/docs/residualsBiosolids/2009-5th-canadian-residuals-and-biosolids-presentation.pdf> (10.05.2017), lk 20 vahendusel.
17. * **Eriksson, J.** (1998). Dissolution of hardened wood ash in forest soils: studies in a column experiment. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Supplement 2: 23-32, viidatud Sustainable use of forest biomass for energy: a synthesis with focus on the Baltic and Nordic Region. Vol. 12. (2008). /Eds. Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K., Stupak, I. Dordrecht: Springer. 261 pp, lk 83 vahendusel.
18. * **Etiégni, L., Campbell, A. G.** (1991). Physical and chemical characteristics of wood ash. – *Bioresource Technology*. Vol. 37, pp. 173-178, viidatud: **Van Alkemade, I. M. M. C., Loo, I. S., Sulilatu, W. F.** (1999). Exploratory investigations into the possibilities of processing ash produced in the combustion of reject wood, 45 pp. [on-line] IEA Bioenergy <http://www.ieabcc.nl/publications/R99357.PDF> (07.05.2017), lk 10 vahendusel.
19. * **Ferm, A., Hokkanen, T., Moilanen, M., Issakainen, J.** (1992). Effects of Wood Bark Ash on the Growth and Nutrition of a Scots Pine Afforestation in Central Finland. – *Plant and Soil* Vol. 147, pp. 305-316, viidatud **Pitk, P., Raave, H., Ots, K.** (2016). Puidutuha väärindamise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksväetisena põllumajanduses ja metsanduses, 103 lk [on-line] SA Keskkonnainvesteeringute Keskus https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/kik_10053_aruanne-05.07.16.pdf (06.05.2017), lk 15-16 vahendusel.
20. **Finell, M.** (2003). The Use of Reed Canary-Grass (*Phalaris arundinacea*) as a Short Fibre Raw Material for the Pulp and Paper Industry. Doctoral dissertation. Umeå: Grafiska Enheten, 53 pp. [on-line] Swedish University of Agricultural Sciences https://pub.epsilon.slu.se/378/1/Agraria_424_MF.pdf (02.04.2018).
21. **Hallik, O.** (1965). Hoppeliste muldade lupjamine Eesti NSV-s. Tallinn: Eesti Raamat. 284 lk.
22. **Heinsoo, K., Hein, K., Melts, I., Holm, B., Ivask, M.** (2011). Reed canary grass yield and fuel quality in Estonian farmers' fields. – *Biomass and Bioenergy*. Vol 35. No. 1, pp 617-625.[on-

- line] Elsevier B.V.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410003740/pdf?md5=b121d4c71d9ef567e4cc68d2aa6be9fa&pid=1-s2.0-S0961953410003740-main.pdf> (17.05.2017).
23. **Hérbert, M., Breton, B.** (2009). Agricultural wood ash recycling in Québec and in Northern climates: current situation, impacts and agri-environmental practices. – *5th Canadian Residuals and Biosolids Conference*, Niagara Falls, Ontario, 34 pp. [on-line] Water Environment Association of Ontario <https://weao.memberclicks.net/assets/docs/residualsBiosolids/2009-5th-canadian-residuals-and-biosolids-presentation.pdf> (10.05.2017).
 24. * **Huber, D.M., N. S. Wilhelm.** (1988). The role of manganese in resistance to plant diseases. – *International symposium on manganese in soils and plants*. Vol. 33, pp. 155-173, viidatud: **Hérbert, M., Breton, B.** (2009). Agricultural wood ash recycling in Québec and in Northern climates: current situation, impacts and agri-environmental practices. – *5th Canadian Residuals and Biosolids Conference*, Niagara Falls, Ontario, 34 pp. [on-line] Water Environment Association of Ontario <https://weao.memberclicks.net/assets/docs/residualsBiosolids/2009-5th-canadian-residuals-and-biosolids-presentation.pdf> (10.05.2017), lk 26 vahendusel.
 25. **Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Kauppi, A., Kubin, E.** (2007). Fertilization ensures rapid formation of ground vegetation on cut-away peatlands. – *Canadian Journal of Forest Research*. Vol. 37, pp. 874-883. [on-line] EBSCO Industries <http://widgets.ebscohost.com/prod/customerspecific/s2476902/vpn.php?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=26017789&site=eds-live&scope=site> (11.05.2017).
 26. **Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Kubin, E.** (2009). Ground vegetation exceeds tree seedlings in early biomass production and carbon stock on an ash-fertilized cut-away peatland. – *Biomass & Bioenergy*. No. 33, pp. 1108-1115 [on-line] Elsevier B.V. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953409000956/pdf?md5=eeee239967f67e0c412d8584cce89bda&pid=1-s2.0-S0961953409000956-main.pdf> (02.05.2019).
 27. **Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Kubin, E.** (2011). Ground vegetation has a major role in element Dynamics in ash-fertilized cut-away peatland. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 261, pp. 2081-2088. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0378112711001447/1-s2.0-S0378112711001447-main.pdf?_tid=da2d170a-355e-11e7-aa8c-00000aabb0f6c&acdnat=1494406896_5f155fadcf02801cd699f7a99ec58c98 (10.05.2017).
 28. **Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Moilanen, M., Laiho, R.** (2015). Recycling of ash – For the good of the environment? – *Forest Ecology and Management*. Vol. 348, pp. 226-240. [on-line] Elsevier B.V. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715001280> (11.05.2017).

29. **Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Pasanen, J., Kubin, E.** (2008). Ash-fertilization improves germination and early establishment of birch (*Betula pubescens* Ehrh.) seedlings on a cut-away peatland. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 255, pp. 2870-2875. [on-line] Elsevier B.V <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112708001436> (11.05.2017).
30. **Hörnsten, L.**, 1992. Efterbehandling av torvtäcker utbrutna med djupbrytningsteknik – en litteraturstudie. (Treatments of peat bogs harvested by deep digging technique). Rapport 1992:36, Vattenfall Research, Värmeteknik. Vällingby, Sweden. 64 pp, viidatud: **Leupold, S.** (2004). After use of cutaway peatlands – an overview of options and management planning, 63 pp. [on-line] Peatland Ecology Research Group http://www.gret-perg.ulaval.ca/fileadmin/fichiers/fichiersGRET/pdf/Doc_generale/Stencil108.pdf (02.04.2018), lk 36 vahendusel.
31. **Hytönen, J.** (2003). Effects of wood, peat and coal ash fertilization on Scots pine foliar nutrient concentrations and growth on afforested former agricultural peat soils. – *Silva Fennica*. Vol. 37, pp. 219-239. [on-line] Luonnonvarakeskus (Luke) <http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532559/wood.pdf?sequence=1> (11.05.2017).
32. **Hytönen, J.** (2016). Wood Ash Fertilisation Increases Biomass Production and Improves Nutrient Concentrations in Birches and Willows on Two Cutaway Peats. – *Baltic Forestry*. Vol. 22. No. 1, pp. 98-106. [on-line] Baltic Forestry https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2016-22%5B1%5D/e-Baltic%20Forestry%202016.1_98-106%20psl.pdf (27.05.2019).
33. **Hytönen, J., Aro, L.** (2012). Biomass and nutrition of naturally regenerated and coppiced birch on cutaway peatland during 37 years. – *Silva Fennica*. Vol. 46, pp. 377-394. [on-line] Luonnonvarakeskus (Luke) <http://m.metla.eu/silvafennica/full/sf46/sf463377.pdf> (11.05.2017).
34. **Hytönen, J., Kaunisto, S.** (1999). Effect of fertilization on the biomass production of coppiced mixed birch and willow stands on a cut-away peatland. – *Biomass and Bioenergy*. Vol. 17, pp. 465-469. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0961953499000616/1-s2.0-S0961953499000616-main.pdf?_tid=60c03eec-0b1a-11e7-9d4e-00000aabb0f02&acdnat=1489759537_f89108f791f9e216afd39b5589819708 (17.03.2017).
35. * **Hånell, B.** (1990). Torvtäckta marker, dikning och sumpskogar i Sverige. Skogsakta, Inventering och ekonomi 22: 1-6, viidatud: **Vasander, H., Tuittila, E.-S., Lode, E., Lundin, L., Ilomets, M., Sallantausta, T., Heikkilä, R., Pitkänen, M.-L., Laine, J.** (2003). Status and restoration of peatlands in northern Europe. – *Wetlands Ecology and Management*. Vol. 11, pp. 51-63. [on-line] Springer International Publishing AG <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1022061622602> (03.05.2017), lk 54 vahendusel.

36. Ida-Virumaa ammendatud freesturbaväljade turba toiteelementide bilansi tasakaalustamine ja puude kasvu stimuleerimine põlevkivituha ning põlevkivi- ja puutuha seguga. (2013). Sisuline aruanne. Tallinn: Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituut. <https://www.kik.ee/sites/default/files/3708.pdf> (19.05.2018).
37. **Ilomets, M.** (2001). Mis saab jääksoodest? – *Eesti Loodus*. Nr 6, lk 218-221. [on-line] MTÜ Loodusajakiri http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/EL/vanaweb/0106/mati.html (22.05.2019).
38. **Jacobson, S., Lundström, H., Nordlund, S., Sikström, U., Petersson, F.** (2014). Is tree growth in boreal coniferous stands on mineral soils affected by the addition of wood ash? – *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 29, pp. 675-685. [on-line] Informa UK Limited <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827581.2014.959995> (11.05.2017).
39. **Jokinen, H.K., Kiikilä, O., Fritze, H.** (2006). Exploring the mechanism behind elevated microbial activity after wood ash application. – *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 38, pp. 2285-2291. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0038071706001283/1-s2.0-S0038071706001283-main.pdf?_tid=ecae074c-3566-11e7-b047-00000aab0f6b&acdnat=1494410363_21e9be8b9c430aaef9dd3eb144378ad (10.05.2017).
40. Jääksoode turba toiteelementide bilansi tasakaalustamine ja puude kasvu stimuleerimine biokütuste tuhkadega (puu- ja turbatuhk). (2012). Sisuline aruanne. Tallinn: Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituut. http://mi.emu.ee/userfiles/instituudid/mi/MI/Projektid/Projekt-29_L%C3%B5pparuanne.doc (19.05.2018).
41. **Jäärats, A., Tullus, A.** (2018). Istutusmaterjali ja maapinna ettevalmistuse mõju metsa uuendamisele. – *Metsanduslikud Uurimused*. Nr. 69, lk 75-85. [on-line] EMÜ metsandus- ja maaehitusinstituut <http://mi.emu.ee/userfiles/instituudid/mi/MI/FSMU/2018/69/FSMU-2018-0013.pdf> (30.05.2019).
42. Jäätmetekke vältimise programm. (2014). – *Riigi jäätmekava 2014-2020*. Lisa 3. Vabariigi Valitsus, 15 lk. [on-line] Vabariigi Valitsus https://www.valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/riigi_jaatmekava_2014-2020.pdf (25.05.2019).
43. **Kalmet, R.** (1979). Mikroelemendid Eesti NSV maaviljeluses. Tallinn: Valgus. 176 lk.
44. **Karofeld, E.** (2011). Tingimuste loomine taassoostumiseks. Kogemusi maailmast. – *Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine*. /Koost. J. Paal. Tartu: Eesti Turbaliit, lk 120-141. [on-line] Eesti Rahvusraamatukogu <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/111174> (15.04.2018).
45. * **Kaunisto, S.** (1985). Afforestation experiments at Aitoneva, Kihniö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 177, viidatud: **Klemetti, V., Selin, P., Kubin, E., Leiviskä, V., Piispanen, J., Kemppainen, S., Tähtinen, P., Reinkainen, O.** (2004). Growing of trees and energy crops in cutover mire bottoms fertilized with peat and wood ashes and composts – the project layout. – *Wise Use of Peatlands. Proceedings of the 12th International*

- Peat Congress, Tampere, Finland, 6-11 June 2004*. Vol. 2. Jyväskylä, Finland. International Peat Society, pp. 1235-1239, lk 1236 vahendusel.
46. Keskkonnakaitse valdkonna projekti rahastamise taotluse kohta esitatavad nõuded, taotluste hindamise tingimused, kord ja kriteeriumid, toetatavad tegevused, otsuse tegemise, lepingu täitmise üle kontrolli teostamise ning aruandluse kord. (vastu võetud 17.02.2006, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 08.04.2019). – Riigi Teataja
<https://www.riigiteataja.ee/akt/105042019005> (18.05.2019).
 47. **Kikamägi, K., Elm, K., Ots, K., Kuznetsova, T.** (2013). The effect of wood ash application on biomass of young Silver birch (*Betula pendula* Roth) trees at cutaway peatlands. – *Proceedings of the International Forestry Graduate Students' Conference, 2-4 July 2013*. Universiti Putra Malaysia, pp. 129-134. [on-line] SA Eesti Teadusagentuur
https://www.etis.ee/File/DownloadPublic/b4c1d2fd-303e-4c9f-b751-19e9ebba915c?name=Fail_Proceedings%20of%20The%20International%20Forestry%20Graduate%20Students%27%20Conference%202013%20%28Kikam%C3%A4gi%20et%20al%29.pdf&type=application%2Fpdf (15.04.2018).
 48. **Kikamägi, K., Ots, K., Kuznetsova, T., Pototski, A.** (2014). The growth and nutrients status of conifers on ash-treated cutaway peatland. – *Trees*. Vol. 28. No. 1, pp. 53-64. [on-line] Springer International Publishing AG
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00468-013-0929-2.pdf> (16.04.2018).
 49. KK6115: Ohtlike jäätmete bilanss jäätmeliigi järgi (andmed uuendatud 19.10.2017). – *Eesti Statistika andmebaas*. <http://pub.stat.ee/> (11.04.2018).
 50. Kliimamuutustega kohanemise arengukava aastani 2030. (2017). Keskkonnaministeerium, 57 lk. [on-line] Vabariigi Valitsus https://www.valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/kliimamuutustega_kohanemise_arengukava_aastani_2030.pdf (25.05.2019).
 51. **Klemetti, V., Selin, P., Kubin, E., Leiviskä, V., Piispanen, J., Kemppainen, S., Tähtinen, P., Reinkainen, O.** (2004). Growing of trees and energy crops in cutover mire bottoms fertilized with peat and wood ashes and composts – the project layout. – *Wise Use of Peatlands. Proceedings of the 12th International Peat Congress, Tampere, Finland, 6-11 June 2004*. Vol. 2. Jyväskylä, Finland. International Peat Society, pp. 1235-1239.
 52. Konkurentsivõime kava „Eesti 2020“. (2017). Vabariigi Valitsus, 35 lk. [on-line] Vabariigi Valitsus https://www.valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/eesti2020_tekstiosa_2017-2020.pdf (25.05.2019).
 53. * **Kröppl, M.** (2015). Characterization of biomass ashes and investigation of usability. Scholars' Press, 164 pp, viidatud: **Pitk, P., Raave, H., Ots, K.** (2016). Puidutuha väärimise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksväetisena põllumajanduses ja metsanduses, 103 lk [on-line] SA Keskkonnainvesteeringute Keskus

- https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/kik_10053_aruanne-05.07.16.pdf (06.05.2017), lk 13, 15 vahendusel.
54. **Kuusik, R., Meriste, T., Pototski, A.** (2012) Põlevkivituha kasutamise laiendamiseks on käivitunud mitu uut projekti. – *Keskkonnatehnika*. Nr. 3, lk 8-9. [on-line] Tallinna Tehnikaülikool
http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/artiklid/2012/pototski_keskkonnatehnika2013.pdf (09.05.2017).
 55. **Kärblane, H.** (1996). Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Tallinn: Eesti vabariigi Põllumajandusministeerium. 283 lk.
 56. * **Lappalainen, E.** (1996). Peatlands and peat resources in Finland. In: Vasander, H. (ed.), Peatlands in Finland. pp. 36-38. Finnish Peatland Society, Jyväskylä, Finland, viidatud: **Vasander, H., Tuittila, E.-S., Lode, E., Lundin, L., Ilomets, M., Sallantausta, T., Heikkilä, R., Pitkänen, M.-L., Laine, J.** (2003). Status and restoration of peatlands in northern Europe. – *Wetlands Ecology and Management*. Vol. 11, pp. 51-63. [on-line] Springer International Publishing AG <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1022061622602> (03.05.2017), lk 54 vahendusel.
 57. **Leupold, S.** (2004). After use of cutaway peatlands – an overview of options and management planning, 63 pp. [on-line] Peatland Ecology Research Group http://www.gret-perg.ulaval.ca/fileadmin/fichiers/fichiersGRET/pdf/Doc_generale/Stencil108.pdf (02.04.2018).
 58. **Levula, T., Saarsalmi, A., Rantavaara, A.V.** (2000). Effects of ash fertilisation and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and ¹³⁷Cs concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*). – *Forest Ecology and Management* Vol. 126, pp. 269-279. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0378112799001103/1-s2.0-S0378112799001103-main.pdf?_tid=e6a175fe-3549-11e7-9316-00000aacb35d&acdnat=1494397897_3299b5ec94c1f5f888c8996cf7d42c34 (10.05.2017).
 59. **Lode, E.** (1998). Soode taastamine – eetika, esteetika ja keskkonnateadvuse küsimus! – *Eesti Turvas*. Nr 3-4, lk 11-14.
 60. **Lodenius, M., Josefsson, J., Heliövaara, K., Tulisalo, E., Nummelin, M.** (2009). Cadmium in insects after ash fertilization. – *Insect Science*. Vol. 16, pp. 93-98. [on-line] Helsingin yliopiston kirjasto https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/1975/8543/2009r-Cadmium%20in%20insects%20after%20ash%20fertilization.pdf?sequence=3&origin=publication_detail (10.05.2017).
 61. **Lodenius, M.** (2003). Cadmium concentrations in a boreal forest ecosystem after application of wood ash. – *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* Vol. 71, pp. 776-781. [on-line] Springer International Publishing AG
<http://download.springer.com/static/pdf/666/art%253A10.1007%252Fs00128-003-0199->

- 6.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs00128-003-0199-6&token2=exp=1494409974~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F666%2Fart%25253A10.1007%25252Fs00128-003-0199-6.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs00128-003-0199-6*~hmac=def6eaa922cedc19ad4c14f3c99e47d30bd99d826a578c9f3ef2540727fe13e0 (10.05.2017).
62. Looduskaitse arengukava aastani 2020. (2012). Keskkonnaministeerium, 48 lk. [on-line] Vabariigi Valitsus https://www.valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/looduskaitse_arengukava_aastani_2020.pdf (21.05.2019).
63. **Ludwig, B., Rumpf, S., Mindrup, M., Meiwes, K.J., Khanna, P.K.** (2002). Effects of lime and wood ash on soil-solution chemistry, soil chemistry and nutritional status of a pine stand in Northern Germany. – *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 17, pp. 225-237. [on-line] Informa UK Limited <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/028275802753742891> (10.05.2017).
64. * **Lukkala, O. J.** (1951). Experiments from jaakkoinso experimental drainage area. – *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. Vol. 39, pp. 1-53, viidatud: Sustainable use of forest biomass for energy: a synthesis with focus on the Baltic and Nordic Region. Vol. 12. (2008). /Eds. Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K., Stupak, I. Dordrecht: Springer. 261 pp, lk 97 vahendusel.
65. * **Lukkala, O. J.** (1955). Maanparannusaineet ja väkilannoitteet metsäojituksen tukena II. (Soil amelioration agents and fertilizers in the peatland forestry) – *Metsätaloudellinen Aikakauslehti*. 6-8, pp. 273–276, viidatud: Sustainable use of forest biomass for energy: a synthesis with focus on the Baltic and Nordic Region. Vol. 12. (2008). /Eds. Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K., Stupak, I. Dordrecht: Springer. 261 pp, lk 97 vahendusel.
66. (Soil amelioration agents and fertilizers in the peatland forestry). *Metsätaloudellinen Aikakauslehti*
67. **Lundblad, M., Stendahl, J., Lundin, L., Olsson, M.** (2016). Den svenska torvutvinningens klimatpåverkan. Om huruvida torvutvinningen kan bli mer gynnsam ur ett klimatperspektiv, 53 pp. (In Swedish) [on-line] Naturvårdsverket <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2016/redovisade/1-bilaga-den-svenska-torvutvinningens-klimatpaverkan.pdf> (07.06.2017).

68. **Lüüs, O.** (2005). Turbavarude kasutamine. Kontrolliaruanne nr OSIV-2-6/05/71 14.07.2005, 108 lk. [on-line] Eesti Rahvusraamatukogu <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/21520> (19.05.2019).
69. Maa-ameti Geoportaal. – *Maa-amet*. <https://geoportaal.maaamet.ee> (19.05.2018).
70. Maapõueseadus. (vastu võetud 27.10.2016, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 01.01.2019). – Riigi Teataja <https://www.riigiteataja.ee/akt/112122018053> (18.05.2019).
71. * **Malmström, C.** (1953). Skogsforskningen har order. – *Skogen*. Vol. 40, pp. 30-31, viidatud: Sustainable use of forest biomass for energy: a synthesis with focus on the Baltic and Nordic Region. Vol. 12. (2008). /Eds. Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K., Stupak, I. Dordrecht: Springer. 261 pp, lk 97 vahendusel.
72. **Mandre, M., Pärn, H., Klõšeiko, J., Ingerslev, M., Stupak, I., Kört, M., Paasrand, K.** (2010). Use of biofuel ashes for fertilisation of *Betula pendula* seedlings on nutrient poor peat soil. – *Biomass and Bioenergy*. Vol 34, No. 9, pp. 1384-1392. [on-line] Elsevier B.V. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096195341000142X> (15.04.2018).
73. **Mandre, M., Pärn, H., Ots, K.** (2006). Short-term effects of wood ash on the soil and the lignin concentration and growth of *Pinus sylvestris* L. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 223, pp. 349-357. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0378112705007267/1-s2.0-S0378112705007267-main.pdf?_tid=e29d0e8c-340e-11e7-a72f-00000aacb361&acdnat=1494262599_b1368b6d33d3ba15bea185e569ecc853 (09.05.2017)
74. **Misra, M. K., Ragland, K. W., Baker, A. J.** (1993). Wood ash composition as a function of furnace temperature. – *Biomass and Bioenergy*. Vol. 4, pp. 103-116. [on-line] Gnostic Media <http://www.gnosticmedia.com/txtfiles/WoodAsh.pdf> (07.05.2017).
75. * **Moilanen, M., Issakainen, J.** (2004). Puu- ja turvetuhkien vaikutus maaperään, metsäkasvillisuuden alkuaineepitoisuuksiin ja puuston kasvuun. – *Metsätöön raportti 162*. Helsinki, 91 pp. (In Finnish). [on-line] Metsätöön Oy http://www.metsatöön.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatöön_raportti_162.pdf (22.03.2017), viidatud: **Piirainen, S., Domisch, T.** (2004). Leaching of nutrients and heavy metals from Rained peatlands after wood ash fertilisation. – *Wise Use of Peatlands. Proceedings of the 12th International Peat Congress, Tampere, Finland, 6-11 June 2004*. Vol. 1. Jyväskylä, Finland. International Peat Society, pp. 491-499, lk 496 vahendusel.
76. **Moilanen, M., Silfverberg, K., Hokkanen, T.** (2002) Effects of wood-ash on the tree growth, vegetation and substrate quality of a drained mire: a case study. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 171, pp. 321-338. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0378112701007897/1-s2.0-S0378112701007897-main.pdf?_tid=a5191146-353a-11e7-b7b7-00000aabb0f6c&acdnat=1494391345_ad9fab04754ae5bb3eed74918a6ff68 (10.05.2017).

77. * **Morris, L.A., W.E. Miller, F.M. Sanders and J.F. Sanders.** (1995). Characteristics of ash and alkaline pulp mill residues affecting their use as lime substitutes. In: Symposium on land application of wood-fired and combination boiler ashes. 1995 NCASI meetings. Asheville, North Carolina. August 2-3. pp. 9-10, viidatud: **Hérbert, M., Breton, B.** (2009). Agricultural wood ash recycling in Québec and in Northern climates: current situation, impacts and agricultural environmental practices. – *5th Canadian Residuals and Biosolids Conference*, Niagara Falls, Ontario, 34 pp. [on-line] Water Environment Association of Ontario <https://weao.memberclicks.net/assets/docs/residualsBiosolids/2009-5th-canadian-residuals-and-biosolids-presentation.pdf> (10.05.2017), lk 20 vahendusel.
78. **Noormets, M., Karp, K., Paal, T.** (2003). Recultivation of open-cast peat pits with *Vaccinium* culture in Estonia. – *Ecosystems and Sustainable Development IV*. Vol. 2, pp. 1005-1014 [on-line] WIT Press <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/64/1731> (24.03.2017).
79. **Noormets, M., Karp, K., Starast, M., Paal, T.** (2002). Väetamise mõjust ahtalehise mustika (*Vaccinium angustifolium* Ait.) seemikute saagikujunemisele viljakandvas istanduses ammendatud freesturbaväljal – *Agraarteadus : journal of agricultural science*. Nr. 5, lk 293-303 [on-line] Akadeemiline Põllumajanduse Selts http://agrt.emu.ee/pdf/2002_5_noormets.pdf (22.03.2017).
80. **Nurmesniemi, H., Mänskinen, K., Poykio, R., Dahl, O.** (2012). Forest fertilizer properties of the bottom ash and fly ash from a large-sized (115 MW) industrial power plant incinerating wood-based biomass residues. – *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. Vol. 47, pp. 43-52. [on-line] University of Chemical Technology and Metallurgy http://dl.uctm.edu/journal/node/j2012-1/4-Finland_43-52.pdf (09.05.2017).
81. **Näsi, N., Kubin, E., Piispanen, J.** (2004). Effects of wood- and peat-ash fertilization on nutrient status of peat and primary succession of the ground vegetation on cut-away peatland. – *Wise Use of Peatlands. Proceedings of the 12th International Peat Congress, Tampere, Finland, 6-11 June 2004*. Vol. 1. Jyväskylä, Finland. International Peat Society, pp. 472-483.
82. **Obernberger, I., Thek, G.** (2004). Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. – *Biomass and Bioenergy*. Vol. 27, pp 653-669. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0961953404001072/1-s2.0-S0961953404001072-main.pdf?_tid=d72145c8-329c-11e7-b688-00000aacb361&acdnat=1494103666_a0972288847971255001b5e86cb86799 (07.05.2017).
83. **Ohno, T., Erich, M. S.** (1990). Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 32, pp. 223-239. [on-line] ResearchGate https://www.researchgate.net/profile/Tsutomu_Ohno/publication/221992810_Effect_of_wood

- _ash_application_on_soil_pH_and_soil_test_nutrient_levels/links/557825f808ae753637548f07/Effect-of-wood-ash-application-on-soil-pH-and-soil-test-nutrient-levels.pdf (09.05.2017).
84. One-way ANOVA (ANalysis Of VAriance) with post-hoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) Test Calculator for comparing multiple treatments. (2016).
http://astatsa.com/OneWay_Anova_with_TukeyHSD (21.05.2018).
85. **Orru, M., Veldre, M., Širokova, M.** (1992). Eesti Turbavarud. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus. 146 lk.
86. **Ots, K., Kikamägi, K., Kuznetsova, T.** (2009). Puhatu ammendatud jääksoo ökoloogilisest seisundist – *Metsanduslikud uurimused*. Nr. 51, lk 28-39. [on-line] Walter de Gruyter GmbH
<https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/fsmu.2009.51.issue--1/v10132-011-0075-9/v10132-011-0075-9.pdf> (19.05.2018).
87. **Ots, K., Tilk, M., Aguraijuja, K.** (2017). The effect of oil shale ash and mixtures of wood ash and oil shale ash on the above- and belowground biomass formation of Silver birch and Scots pine seedlings on a cutaway peatland. – *Ecological Engineering*. Vol 108, pp. 296-306. [on-line] Elsevier B.V.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857417305128/pdf?md5=fc1f4c6f6b6f9cc4380a839846117c3b&pid=1-s2.0-S0925857417305128-main.pdf> (16.04.2018).
88. **Paal, J.** (2011). Jääksoode kasutamine. Energianiidu rajamine. – *Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine*. /Koost. J. Paal. Tartu: Eesti Turbaliit, lk 96-103. [on-line] Eesti Rahvusraamatukogu <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/111174> (15.04.2018).
89. **Paal, J., Lode, E., Triisberg, T.** (2011). Jääksood. Jääksoo ja turba jääklasund. – *Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine*. /Koost. J. Paal. Tartu: Eesti Turbaliit, lk 43-48. [on-line] Eesti Rahvusraamatukogu <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/111174> (15.04.2018).
90. **Paal, T.** (2011). Jääksoode kasutamine. Marjakasvatuse rajamine. – *Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine*. /Koost. J. Paal. Tartu: Eesti Turbaliit, lk 68-74. [on-line] Eesti Rahvusraamatukogu <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/111174> (15.04.2018).
91. **Paidla, A.** (1975). Mis saab jääksoodest? – *Eesti loodus*. Ak 18. Nr. 11, lk 617-623.
92. **Perkiömäki, J., Kiikkilä, O., Moilanen, M., Issakainen, J., Tervahauta, A., Fritze, H.** (2003). Cadmium-containing wood ash in a pine forest: effects on humus microflora and cadmium concentrations in mushrooms, berries and needles. – *Canadian Journal of Forest Research*. Vol. 33, pp. 2443-2451. [on-line] ResearchGate
https://www.researchgate.net/profile/Hannu_Fritze/publication/233719285_Cadmium-containing_wood_ash_in_a_pine_forest_Effects_on_humus_microflora_and_cadmium_concentrations_in_mushrooms_berries_and_needles/links/551507950cf283ee08396d0a.pdf (10.05.2017).
93. **Piirainen, S., Domisch, T.** (2004). Leaching of nutrients and heavy metals from drained peatlands after wood ash fertilisation. – *Wise Use of Peatlands. Proceedings of the 12th*

- International Peat Congress, Tampere, Finland, 6-11 June 2004*. Vol. 1. Jyväskylä, Finland. International Peat Society, pp. 491-499.
94. **Pikk, J.** (2010). Jääksoode metsastamine. – *Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis*. /Koost. E. Kaar, K. Kiviste. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 396-402.
 95. **Pikk, J.** (2011). Jääksoode kasutamine. Metsastamine. – *Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine*. /Koost. J. Paal. Tartu: Eesti Turbaliit, lk 74-88. [on-line] Eesti Rahvusraamatukogu <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/111174> (15.04.2018).
 96. **Pitk, P., Raave, H., Ots, K.** (2016). Puidutuha väärimise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksväetisena põllumajanduses ja metsanduses, 103 lk. [on-line] SA Keskkonnainvesteeringute Keskus https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/kik_10053_aruanne-05.07.16.pdf (06.05.2017).
 97. **Pärn, H., Mandre, M., Ots, K., Klõšeiko, J., Lukjanova, A., Kuznetsova, T.** (2010). Bioenergeetikas tekkivate jäätmete kasutamine metsanduses. – *Metsanduslikud Uurimused*. Nr. 52, lk 40-50. [on-line] Walter de Gruyter GmbH <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/fsmu.2010.52.issue--1/v10132-011-0082-x/v10132-011-0082-x.pdf> (06.05.2017).
 98. **Pärn, H., Mandre, M., Tilk, M.** (2009). Changes in the Growth of Silver Birch (*Betula pendula* Roth) and Black Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) Seedlings on Peat Soils Fertilised with Wood and Peat Ashes. – *Baltic Forestry* Vol. 15. No. 2, pp. 168-176. [on-line] Baltic Forestry [https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2009-15\[2\]/168_176%20Henn%20Parn%20et%20al.pdf](https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2009-15[2]/168_176%20Henn%20Parn%20et%20al.pdf) (27.05.2019).
 99. **Ramst, R., Orru, M., Halliste, L.** (2005) Eesti mahajäetud turbatootmisalade revisjon. 1. etapp. Harju, Rapla, ja Lääne maakond, 160 lk. [on-line] Keskkonnaministeerium https://www.envir.ee/sites/default/files/1_etapp.pdf (12.05.2019).
 100. **Ramst, R., Orru, M., Salo, V., Halliste, L.** (2006) Eesti mahajäetud turbatootmisalade revisjon. 2. etapp. Ida-Viru, Lääne-Viru, Jõgeva, Järva ja Tartu maakond, 180 lk. [on-line] Keskkonnaministeerium https://www.envir.ee/sites/default/files/2_etapp.pdf (19.05.2018).
 101. **Raave, H.** (2015). Alternatiivsete väetusainete keskkonnahoidliku kasutuse võimalused ja efektiivsus tava- ja maheviljeluses võrdlevalt traditsiooniliste orgaaniliste ja mineraalväetistega. RUP projekti lõpparuanne, 45 lk. [on-line] MES nõuandeteenistus http://www.pikk.ee/upload/files/Alternatiivsed_vaetusained_Projekti_lopparuanne.pdf (10.05.2017).
 102. **Raid, L.** (1981). Kasekülvide väetamine jääksoodel. – *Metsamajandus 1980. Metsade uuendamise*. Tallinn. Eesti NSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku Uurimise Instituut, lk 64-74.

103. **Ramst, R., Orru, M.** (2009). Eesti mahajäetud turbatootmisalade taastaimestumine. – *Eesti Põlevloodusvarad ja -jäätmed*. Nr 1-2, lk 6-7. [on-line] Eesti Biokütuste Ühing http://www.eby.ee/EPLVJ_2009_net.pdf (15.04.2018).
104. Riik korrastab 2000 hektaril endisi turbatootmisalasid. – *Keskkonnaministeerium*. <https://www.envir.ee/et/uudised/riik-korrastab-2000-hektaril-endisi-turbatootmisalasid> (17.05.2017).
105. **Ring, E., Jacobson, S., Nohrstedt, H.O.** (2006). Soil-solution chemistry in a coniferous stand after adding wood ash and nitrogen. *Can J For Res* Vol. 36, pp. 153-163. [on-line] Skov & Landskab, Københavns Universitet <http://www.bioaske.dk/artikler/ringetal2006.pdf> (10.05.2017).
106. **Saarmets, T.** (2007). Mida teha ammendunud turbarabaga? – *Eesti Põlevloodusvarad ja -jäätmed*. Nr 1-2, lk 25-26.
107. **Saarmets, T.** (2011). Energianiidu rajamine. Esimesed kogemused Eestis. – *Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine*. /Koost. J. Paal. Tartu: Eesti Turbaliit, lk 103-105. [on-line] Eesti Rahvusraamatukogu <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/111174> (15.04.2018).
108. **Salm, J.-O., Maddison, M., Tammik, S., Soosaar, K., Truu, J., Mandre, Ü.** (2012). Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O from undisturbed, drained and mined peatlands in Estonia. – *Hydrobiologia*. Vol. 692, pp. 41-55. [on-line] ResearchGate https://www.researchgate.net/profile/Kaido_Soosaar/publication/225755825_Emissions_of_CO2_CH4_and_N2O_from_undisturbed_drained_and_mined_peatlands_in_Estonia/links/00b4951b0fbbb56573000000/Emissions-of-CO2-CH4-and-N2O-from-undisturbed-drained-and-mined-peatlands-in-Estonia.pdf (24.05.2019).
109. **Seemen, H., Pikk, J., Valk, U.** (2000) Unikaalne metsanduslik katseala Rae rabas. – *Akadeemilise Metsaseltsi toimetised XII: Töid Eesti metsanduse ajaloost III* /Koost. T. Meikar. Vol. 12. Tartu: EPMÜ Metsanduslik Uurimisinstituut, lk 95-112.
110. Sustainable use of forest biomass for energy: a synthesis with focus on the Baltic and Nordic Region. Vol. 12. (2008). /Eds. Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K., Stupak, I. Dordrecht: Springer. 261 pp.
111. * **Siddique, R.** 2008. Wood Ash. In: *Waste Materials and By-Products in Concrete*. Chap. 9. Springer. p. 303-321, viidatud: **Hérbert, M., Breton, B.** (2009). Agricultural wood ash recycling in Québec and in Northern climates: current situation, impacts and agri-environmental practices. – *5th Canadian Residuals and Biosolids Conference*, Niagara Falls, Ontario, 34 pp. [on-line] Water Environment Association of Ontario <https://weao.memberclicks.net/assets/docs/residualsBiosolids/2009-5th-canadian-residuals-and-biosolids-presentation.pdf> (10.05.2017), lk 20 vahendusel.
112. **Silvan, N., Hytönen, J.** (2016). Impact of Ash-Fertilization and Soil Preparation on Soil Respiration and Vegetation Colonization on Cutaway Peatlands. – *American Journal of*

- Climate Change*. Vol. 5, pp. 178-192. [on-line] Scientific Research Publishing Inc.
http://file.scirp.org/pdf/AJCC_2016060915301780.pdf (03.05.2017).
113. * **Unger, Y.L., Fernandez, I.J.** (1990). The Short-Term Effects of Wood Ash Amendment on Forest Soils. – *Water, Air and Soil Pollution*. Vol. 49, pp. 299-314, viidatud: **Pitk, P., Raave, H., Ots, K.** (2016). Puidutuha väärindamise võimalused ja perspektiiv granuleeritud kompleksväetisena põllumajanduses ja metsanduses, 103 lk [on-line] SA Keskkonnainvesteeringute Keskus
https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/kik_10053_aruanne-05.07.16.pdf (06.05.2017), lk 15-16 vahendusel.
114. * **Utter, A. and Lundmark, L.**, 2003. Efterbehandling av Kauppiisennuoma torvtäktssområde – förslag på lämpliga alternativ samt kostnader för detta. Kemiska institutionen/tekniska högskolan, Umeå Universitet. 40 pp, viidatud: **Leupold, S.** (2004). After use of cutaway peatlands – an overview of options and management planning, 63 pp. [on-line] Peatland Ecology Research Group http://www.gret-perg.ulaval.ca/fileadmin/fichiers/fichiersGRET/pdf/Doc_generale/Stencil108.pdf (02.04.2018), lk 36 vahendusel.
115. Uuritud ning kaevandatud maa korrastamise täpsustatud nõuded ja kord, kaevandatud maa korrastamise projekti sisu kohta esitatavad nõuded, kaevandatud maa ning selle korrastamise kohta aruande esitamise kord ja aruande vorm ning maa korrastamise akti sisu ja vorm. (vastu võetud 07.04.2017). – Riigi Teataja <https://www.riigiteataja.ee/akt/108042017005> (18.05.2019).
116. **Vaksmann, P., Seemen, H.** (1985). Pohlakultuurid jääksoos. – *Mets. Puit. Paber*. Nr 8. Tallinn. Eesti NSV Metsa- ja Puidutööstuse Ministeerium, lk 15-19.
117. **Valk, U.** (1980). Jääksoode metsastamine. – *Metsamajanduse teatmik*. /Koost. I. Etverk. Tallinn: Valgus, lk 108-110.
118. **Van Alkemade, I.M.M.C., Loo, I.S., Sulilatu, W.F.** (1999). Exploratory investigations into the possibilities of processing ash produced in the combustion of reject wood, 45 pp. [on-line] IEA Bioenergy <http://www.ieabcc.nl/publications/R99357.PDF> (07.05.2017).
119. **Vasander, H., Tuittila, E.-S., Lode, E., Lundin, L., Ilomets, M., Sallantausta, T., Heikkilä, R., Pitkänen, M.-L., Laine, J.** (2003). Status and restoration of peatlands in northern Europe. – *Wetlands Ecology and Management*. Vol. 11, pp. 51-63. [on-line] Springer International Publishing AG <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1022061622602> (03.05.2017).
120. * **Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L., Vassileva, C.** (2010). An overview of the chemical composition of biomass. – *Fuel*. Vol. 89, pp. 913-933. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0016236109004967/1-s2.0-S0016236109004967-main.pdf?_tid=c2cca7ce-33bf-11e7-aeae-00000aacb361&acdnat=1494228615_7be0b4838fe7b63a59302f590eda685b (08.05.2017),

- viidatud: **Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L., Vassileva, C.G.** (2013a). An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase-mineral and chemical composition and classification. – *Fuel*. Vol. 105, pp. 40-76. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0016236112007545/1-s2.0-S0016236112007545-main.pdf?_tid=c9e8b38a-3320-11e7-9497-00000aab0f26&acdnat=1494160337_b112f1cd070ed01e97e7a109c6dea13d (07.05.2017), lk 52 vahendusel.
121. **Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L., Vassileva, C.G.** (2013a). An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase-mineral and chemical composition and classification. – *Fuel*. Vol. 105, pp. 40-76. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0016236112007545/1-s2.0-S0016236112007545-main.pdf?_tid=c9e8b38a-3320-11e7-9497-00000aab0f26&acdnat=1494160337_b112f1cd070ed01e97e7a109c6dea13d (07.05.2017).
122. **Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L. K., Vassileva, C.G.** (2013b). An overview of the composition and application of biomass ash. Part 2. Potential utilisation, technological and ecological advantages and challenges. – *Fuel*. Vol. 105, pp. 19-39. [on-line] Elsevier B.V. http://ac.els-cdn.com/S0016236112007983/1-s2.0-S0016236112007983-main.pdf?_tid=ea16ff3c-3487-11e7-b413-00000aab0f01&acdnat=1494314581_89a1d8891782bc8bfaf40991cba59a26 (09.05.2017).
123. * **Vikberg, P.**, 1996. Converting cutaway peatlands for game management purposes. pp. 138-142 in Vasander H. (ed) 1996. Peatlands in Finland. Finnish Peatland Society, Helsinki, Finland, viidatud: **Leupold, S.** (2004). After use of cutaway peatlands – an overview of options and management planning, 63 pp. [on-line] Peatland Ecology Research Group http://www.gret-perg.ulaval.ca/fileadmin/fichiers/fichiersGRET/pdf/Doc_generale/Stencil108.pdf (02.04.2018), lk 36 vahendusel.

LISAD

Lisa 1. Esimese katseala kaskede kõrguste statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

H2011	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	*
PT15	***	—		*
PT10+PõT8	***	*	*	
H2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		*	—
PT15	***	*		—
PT10+PõT8	***	—	—	
H2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		***
PT10+PõT8	***	—	***	
H2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		**	—
PT15	**	**		**
PT10+PõT8	**	—	**	
H2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		***
PT10+PõT8	***	—	***	
H2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		***
PT10+PõT8	***	—	***	
H2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		*	*	*
PT10	*		***	—
PT15	*	***		***
PT10+PõT8	*	—	***	

Märkused:

1. Tähis „H“ sümboliseerib kõrgust.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 2. Esimese katseala kaskede kõrguse juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKH2011	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	**
PT15	***	—		***
PT10+PõT8	***	**	***	
JKH2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		**	**
PT15	**	**		—
PT10+PõT8	**	**	—	
JKH2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		***
PT10+PõT8	***	—	***	
JKH2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		**	—
PT15	***	**		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKH2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKH2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		***
PT10+PõT8	***	—	***	
JKH2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		*	**	—
PT10	*		**	—
PT15	**	**		**
PT10+PõT8	—	—	**	

Märkused:

1. Tähis „JKH“ sümboliseerib kõrguse juurdekasvu.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 3. Esimese katseala kaskede diameetrite statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

D2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		—
PT10+PõT8	**	—	—	
D2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
D2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		**	—
PT15	***	**		—
PT10+PõT8	***	—	—	
D2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		—
PT10+PõT8	***	—	—	
D2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		*
PT10+PõT8	***	—	*	
D2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		**	—
PT15	**	**		**
PT10+PõT8	**	—	**	

Märkused:

1. Tähis „D“ sümboliseerib diameetrit.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 4. Esimese katseala kaskede diameetri juurdekasvude statistilise erinemise kontrolli tulemuste tabel

JKD2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	***
PT15	***	—		**
PT10+PõT8	***	***	**	
JKD2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	***	***
PT10	—		***	***
PT15	***	***		—
PT10+PõT8	***	***	—	
JKD2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		*	—
PT15	***	*		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKD2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		***
PT10+PõT8	***	—	***	
JKD2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	—	—
PT10	—		—	—
PT15	—	—		—
PT10+PõT8	—	—	—	

Märkused:

1. Tähis „JKD“ sümboliseerib diameetri juurdekasvu.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 5. Teise katseala kaskede kõrguse statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel

H2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		**	**	**	**	**
PT20	**		—	—	—	—
PT15+PõT15	**	—		—	—	—
PT10+PõT15	**	—	—		—	—
PT15+PõT10	**	—	—	—		—
PõT10	**	—	—	—	—	
H2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		**	—	***
PT10+PõT15	***	—	**		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	
H2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		**	—	—	***
PT15+PõT15	***	**		**	—	***
PT10+PõT15	***	—	**		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	
H2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		***	—	**	***
PT15+PõT15	***	***		***	—	***
PT10+PõT15	***	—	***		—	***
PT15+PõT10	***	**	—	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „H“ sümboliseerib kõrgust.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 6. Teise katseala kaskede kõrguse juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKH2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	*	—	—
PT15+PõT15	***	—		—	—	—
PT10+PõT15	***	*	—		—	—
PT15+PõT10	***	—	—	—		—
PõT10	***	—	—	—	—	
JKH2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		***	—	—	***
PT15+PõT15	***	***		*	—	—
PT10+PõT15	***	—	*		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	***	—	***	***	
JKH2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		*	—	—	***
PT15+PõT15	***	*		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	
JKH2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		**	—	—	***
PT15+PõT15	***	*		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „JKH“ sümboliseerib kõrguse juurdekasvu.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „****“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 7. Teise katseala kaskede diameetrite statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel

D2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	—
PT15+PõT15	***	—		*	—	—
PT10+PõT15	***	—	*		*	***
PT15+PõT10	***	—	—	*		—
PõT10	***	—	—	***	—	
D2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		*	—	—	***
PT15+PõT15	***	*		***	—	*
PT10+PõT15	***	—	***		**	***
PT15+PõT10	***	—	—	**		***
PõT10	***	***	*	***	***	
D2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		**	**	**	**	**
PT20	**		**	—	—	**
PT15+PõT15	**	**		**	**	**
PT10+PõT15	**	—	**		—	**
PT15+PõT10	**	—	**	—		**
PõT10	**	**	**	**	**	
D2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		***	—	—	***
PT15+PõT15	***	***		***	**	***
PT10+PõT15	***	—	***		—	***
PT15+PõT10	***	—	**	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „D“ sümboliseerib diameetrit.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 8. Teise katseala kaskede diameetri juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKD2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		***	—	—	***
PT15+PõT15	***	***		**	—	—
PT10+PõT15	***	—	**		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		**
PõT10	***	***	—	***	**	
JKD2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		*	—	—	***
PT15+PõT15	***	*		**	***	***
PT10+PõT15	***	—	**		—	***
PT15+PõT10	***	—	***	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	
JKD2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	—
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	—	***	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „JKD“ sümboliseerib diameetri juurdekasvu.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 9. Esimese katseala mändide kõrguste statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

H2011	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	—	—
PT10	—		—	—
PT15	—	—		—
PT10+PõT8	—	—	—	
H2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		*
PT10+PõT8	**	—	*	
H2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
H2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
H2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		*
PT10+PõT8	**	—	*	
H2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		**
PT10+PõT8	**	—	**	
H2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		**
PT10+PõT8	**	—	**	

Märkused:

1. Tähis „H“ sümboliseerib kõrgust.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 10. Esimese katseala mändide kõrguse juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKH2011	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	—	—
PT10	—		—	—
PT15	—	—		—
PT10+PõT8	—	—	—	
JKH2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		*
PT10+PõT8	**	—	*	
JKH2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKH2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKH2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		***
PT10+PõT8	***	—	***	
JKH2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	**
PT15	***	—		***
PT10+PõT8	***	**	***	
JKH2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		*	*	*
PT10	*		—	**
PT15	*	—		***
PT10+PõT8	*	**	***	

Märkused:

1. Tähis „JKH“ sümboliseerib kõrguse juurdekasvu.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „****“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 11. Esimese katseala mändide diameetrite statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

D2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	**
PT15	**	—		—
PT10+PõT8	**	**	—	
D2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	**
PT15	**	—		—
PT10+PõT8	**	**	—	
D2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		*
PT10+PõT8	**	—	*	
D2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		—
PT10+PõT8	**	—	—	
D2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		—
PT10+PõT8	**	—	—	
D2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		—	—
PT15	**	—		—
PT10+PõT8	**	—	—	

Märkused:

1. Tähis „JKD“ sümboliseerib diameetri juurdekasvu.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 12. Esimese katseala mändide diameetri juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKD2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	***	***
PT10	—		—	**
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	**	—	
JKD2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKD2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		*
PT10+PõT8	***	—	*	
JKD2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		*
PT10+PõT8	***	—	*	
JKD2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	—	—
PT10	—		—	**
PT15	—	—		—
PT10+PõT8	—	**	—	

Märkused:

1. Tähis „JKD“ sümboliseerib diameetri juurdekasvu.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 13. Teise katseala mändide kõrguste statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel

H2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		—	—	—	—	—
PT20	—		—	—	—	—
PT15+PõT15	—	—		—	—	—
PT10+PõT15	—	—	—		—	—
PT15+PõT10	—	—	—	—		—
PõT10	—	—	—	—	—	
H2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		**	**	**	**	*
PT20	**		—	—	—	**
PT15+PõT15	**	—		—	—	**
PT10+PõT15	**	—	—		—	**
PT15+PõT10	**	—	—	—		**
PõT10	*	**	**	**	**	
H2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		**	**	**	**	**
PT20	**		—	—	—	**
PT15+PõT15	**	—		—	—	**
PT10+PõT15	**	—	—		—	**
PT15+PõT10	**	—	—	—		**
PõT10	**	**	**	**	**	
H2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	**	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „H“ sümboliseerib kõrgust.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 14. Teise katseala mändide kõrguse juurdekasvude statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel

JKH2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		—	—	—	—	—
PT20	—		—	—	—	—
PT15+PõT15	—	—		—	—	—
PT10+PõT15	—	—	—		—	—
PT15+PõT10	—	—	—	—		—
PõT10	—	—	—	—	—	
JKH2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	*
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	*	***	***	***	***	
JKH2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	**
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	**	***	***	***	***	
JKH2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	—
PT20	***		—	**	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	**	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	—	***	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „JKH“ sümboliseerib kõrguse juurdekasvu.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,05.
9. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,001.

Lisa 15. Teise katseala mändide diameetrite statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel

D2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		—	*	*	*	***
PT20	—		*	*	*	***
PT15+PõT15	*	*		—	—	—
PT10+PõT15	*	*	—		—	—
PT15+PõT10	*	*	—	—		—
PõT10	***	***	—	—	—	
D2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		***	***	—	—
PT15+PõT15	***	***		—	**	***
PT10+PõT15	***	***	—		*	***
PT15+PõT10	***	—	**	*		*
PõT10	***	—	***	***	*	
D2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		**	***	—	**
PT15+PõT15	***	**		—	—	***
PT10+PõT15	***	***	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	**	***	***	***	
D2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „D“ sümboliseerib diameetrit.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,05.
9. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,001.

Lisa 16. Teise katseala mändide diameetri juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKD2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	*
PT20	***		*	—	—	*
PT15+PõT15	***	*		—	**	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	**	—		—
PõT10	*	*	***	***	—	
JKD2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	**
PT20	***		—	*	—	**
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	*	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	**	**	***	***	***	
JKD2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	—
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	—	***	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „JKD“ sümboliseerib diameetri juurdekasvu.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 17. Esimese katseala kuuskede kõrguste statistilise erinevuse kontrolli tulemuste tabel

H2011	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	—	—
PT10	—		—	—
PT15	—	—		—
PT10+PõT8	—	—	—	
H2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
H2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		**	—
PT15	**	**		—
PT10+PõT8	**	—	—	
H2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		**
PT10+PõT8	***	—	**	
H2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		**	—
PT15	**	**		**
PT10+PõT8	**	—	**	
H2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		**	—
PT15	**	**		**
PT10+PõT8	**	—	**	
H2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		*	**	*
PT10	*		**	—
PT15	**	**		**
PT10+PõT8	*	—	**	

Märkused:

1. Tähis „H“ sümboliseerib kõrgust.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 18. Esimese katseala kuuskede kõrguse juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKH2011	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	—	—
PT10	—		—	***
PT15	—	—		*
PT10+PõT8	—	***	*	
JKH2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		***
PT10+PõT8	***	—	***	
JKH2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKH2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		***
PT10+PõT8	***	—	***	
JKH2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		***
PT10+PõT8	***	—	***	
JKH2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	**
PT15	***	***		***
PT10+PõT8	***	**	***	
JKH2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	*	—
PT10	—		***	***
PT15	*	***		***
PT10+PõT8	—	***	***	

Märkused:

1. Tähis „JKH“ sümboliseerib kõrguse juurdekasvu.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 19. Esimese katseala kuuskede diameetrite statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

D2012	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		*	**
PT15	***	*		—
PT10+PõT8	***	**	—	
D2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		**	***
PT15	***	**		—
PT10+PõT8	***	***	—	
D2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	**
PT15	***	***		*
PT10+PõT8	***	**	*	
D2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		**	**	**
PT10	**		**	**
PT15	**	**		—
PT10+PõT8	**	**	—	
D2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	*
PT15	***	***		*
PT10+PõT8	***	*	*	
D2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	*	*
PT10	—		***	—
PT15	*	***		**
PT10+PõT8	*	—	**	

Märkused:

1. Tähis „D“ sümboliseerib diameetrit.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 20. Esimese katseala kuuskede diameetri juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKD2013	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		**	***
PT15	***	**		—
PT10+PõT8	***	***	—	
JKD2014	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		***	—
PT15	***	***		***
PT10+PõT8	***	—	***	
JKD2015	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKD2016	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		***	***	***
PT10	***		—	—
PT15	***	—		—
PT10+PõT8	***	—	—	
JKD2017	Kontroll	PT10	PT15	PT10+PõT8
Kontroll		—	—	—
PT10	—		—	*
PT15	—	—		**
PT10+PõT8	—	*	**	

Märkused:

1. Tähis „D“ sümboliseerib diameetrit.
2. Tähis „PT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha.
3. Tähis „PT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT8“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 8 t/ha.
5. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
6. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
7. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
8. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 21. Teise katseala kuuskede kõrguste statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

H2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		—	—	—	—	—
PT20	—		—	**	*	**
PT15+PõT15	—	—		—	—	—
PT10+PõT15	—	**	—		—	—
PT15+PõT10	—	*	—	—		—
PõT10	—	**	—	—	—	
H2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	—
PT15+PõT15	***	—		—	—	—
PT10+PõT15	***	—	—		—	**
PT15+PõT10	***	—	—	—		—
PõT10	***	—	—	**	—	
H2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		**	**	**	**	**
PT20	**		—	—	—	**
PT15+PõT15	**	—		—	—	**
PT10+PõT15	**	—	—		—	**
PT15+PõT10	**	—	—	—		**
PõT10	**	**	**	**	**	
H2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		**	**	***	***
PT15+PõT15	***	**		—	—	***
PT10+PõT15	***	**	—		—	***
PT15+PõT10	***	***	—	—		***
PõT10	***	***	***	***	***	

Märkused:

1. Tähis „H“ sümboliseerib kõrgust.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 22. Teise katseala kuuskede kõrguse juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKH2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		—	—	—	—	—
PT20	—		—	—	—	—
PT15+PõT15	—	—		—	—	—
PT10+PõT15	—	—	—		—	—
PT15+PõT10	—	—	—	—		—
PõT10	—	—	—	—	—	
JKH2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	**
PT15+PõT10	***	—	—	—		*
PõT10	***	***	***	**	*	
JKH2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	—
PT20	***		—	—	—	***
PT15+PõT15	***	—		—	—	—
PT10+PõT15	***	—	—		—	*
PT15+PõT10	***	—	—	—		—
PõT10	—	***	—	*	—	
JKH2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	**
PT20	***		*	—	—	***
PT15+PõT15	***	*		—	—	**
PT10+PõT15	***	—	—		—	—
PT15+PõT10	***	—	—	—		—
PõT10	**	***	**	—	—	

Märkused:

1. Tähis „JKH“ sümboliseerib kõrguse juurdekasvu.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

Lisa 23. Teise katseala kuuskede diameetrite statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

D2013	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		—	—	**	—	—
PT20	—		—	***	—	**
PT15+PõT15	—	—		—	—	—
PT10+PõT15	**	***	—		**	—
PT15+PõT10	—	—	—	**		*
PõT10	—	**	—	—	*	
D2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	—
PT15+PõT15	***	—		—	—	***
PT10+PõT15	***	—	—		—	—
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	—	***	—	***	
D2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	—
PT15+PõT15	***	—		**	—	—
PT10+PõT15	***	—	**		**	***
PT15+PõT10	***	—	—	**		—
PõT10	***	—	—	***	—	
D2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		*	—	**	***
PT15+PõT15	***	*		**	—	—
PT10+PõT15	***	—	**		***	***
PT15+PõT10	***	**	—	***		—
PõT10	***	***	—	***	—	

Märkused:

1. Tähis „D“ sümboliseerib diameetrit.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud „Kontrollist“ statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,05.
9. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivoool 0,001.

Lisa 24. Teise katseala kuuskede diameetrite juurdekasvude statistilise erinevise kontrolli tulemuste tabel

JKD2014	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		*	*	—	—
PT15+PõT15	***	*		—	—	**
PT10+PõT15	***	*	—		—	**
PT15+PõT10	***	—	—	—		—
PõT10	***	—	**	**	—	
JKD2015	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	**
PT15+PõT15	***	—		—	—	*
PT10+PõT15	***	—	—		—	***
PT15+PõT10	***	—	—	—		***
PõT10	***	**	*	***	***	
JKD2016	Kontroll	PT20	PT15+PõT15	PT10+PõT15	PT15+PõT10	PõT10
Kontroll		***	***	***	***	***
PT20	***		—	—	—	—
PT15+PõT15	***	—		—	—	—
PT10+PõT15	***	—	—		—	—
PT15+PõT10	***	—	—	—		—
PõT10	***	—	—	—	—	

Märkused:

1. Tähis „JKD“ sümboliseerib diameetri juurdekasvu.
2. Tähis „PT20“ tähendab katsevarianti Puutuhk 20 t/ha.
3. Tähis „PT15+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
4. Tähis „PT10+PõT15“ tähendab katsevarianti Puutuhk 10 t/ha + põlevkivituhk 15 t/ha.
5. Tähis „PT15+PõT10“ tähendab katsevarianti Puutuhk 15 t/ha + põlevkivituhk 10 t/ha.
6. Tähis „PõT10“ tähendab katsevarianti Põlevkivituhk 10 t/ha.
7. Tähis „—“ tähendab, et juurdekasvu väärtust ei loetud Kontrollist statistiliselt erinevaks.
8. Tähis „*“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,05.
9. Tähis „**“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,01.
10. Tähis „***“ tähendab statistilist erinevust olulisusnivool 0,001.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Erik August Abras,
(sünnipäev 13/08/95 39508132772)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
Puu- ja põlevkivituha kasutamisest puude kasvu kiirendajana ammendatud freesturbaväljadel ,
mille juhendaja(d) on Katri Ots, Mari Tilk,
 - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 30.05.2019

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

30.05.2019

Katri Ots

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

Mari Tilk

30.05.2019

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)